Библиотека Морского Кадетского Корпуса

ЛЕКЦІИ

по

ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФІИ.

Выпуски I и II.

КУРСЪ НИКОЛАЕВСКОЙ МОРСКОЙ АКАДЕМІИ.

СОСТАВИЛЪ ГЕНЕРАЛЪ-МАІОРЪ

І. Б. ФОНЪ-ШПИНДЛЕРЪ.

255 ЧЕРТЕЖЕЙ ВЪ ТЕКСТѢ И 6 КАРТЪ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

Вас. Остр., 9 лин., № 12.

1903.

БИБЛІОТЕКА МОРС. МИНИСТЕРСТВА.

ШКАПЪ. А/13.
ПОЛКА. 3.
РЯДЪ. 2.
№. 35.

Акт № 2

ЧИТАЛЬНЫЙ ЗАЛ

Библиотека Морского Министерства

Индекс	Н3		Шифр хранения
Авторский знак	З-Ш.83-Л-		Инв. №

Возвратите книгу не позже указанного здесь срока

ЧИТАЛЬНЫЙ ЗАЛ

V

Тип. Воениздата. Зак. 1453 –150000

ПРОВЕРЕНА
1952 г.

Проверена-56 г.

Проверена-

Провер[illegible]но-85

ЛЕКЦІИ

ПО

ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФІИ.

Выпуски I и II.

КУРСЪ НИКОЛАЕВСКОЙ МОРСКОЙ АКАДЕМІИ.

19470

СОСТАВИЛЪ ГЕНЕРАЛЪ-МАІОРЪ

І. Б. ФОНЪ-ШПИНДЛЕРЪ.

255 ЧЕРТЕЖЕЙ ВЪ ТЕКСТѢ И 6 КАРТЪ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

Вас. Остр., 9 лин., № 12.

1903.

Центральная В-Морская Библиотека ВМФ СССР

Напечатано по распоряженію Главнаго Гидрографическаго Управленія.

Отъ Главнаго Гидрографическаго Управленія.

Озабочиваясь распространеніемъ необходимыхъ при гидрографическихъ работахъ свѣдѣній по физической географіи моря среди тѣхъ офицеровъ флота, которые не могли почему-либо воспользоваться морскимъ академическимъ образованіемъ, Главное Гидрографическое Управленіе предложило генералъ-маіору І. Б. фонъ-Шпиндлеру издать за счетъ Управленія читаемыя имъ лекціи по сему предмету въ Николаевской Морской Академіи. Имѣя въ виду читателя со среднимъ морскимъ образованіемъ, авторъ призналъ нужнымъ для печати переработать нѣсколько курсъ своихъ лекцій, расширивъ одни отдѣлы и сокративъ другіе, и сдѣлать въ общемъ изложеніе болѣе доступнымъ, сохранивъ однако за нимъ лекціонный характеръ, дабы удовлетворить и другой цѣли изданія — дать слушателямъ Н. М. Академіи руководство при прохожденіи ими курса. Такая переработка, требуя много времени, не могла быть закончена для всего курса, и потому въ настоящее время издается только два выпуска, включающіе историческую, геологическую и статическую часть гидрологіи моря.

Начальникъ Генералъ-лейтенантъ **К. Михайловъ.**

И. д. Начальника Картографической части

Подполковникъ **Е. Бялокозъ.**

Оглавленіе.

ВВЕДЕНІЕ.

стр.

1. **Предметъ физической географіи и подраздѣленіе ея** 1

2. **Историческая часть.**

Древній періодъ: экспедиціи финикіанъ и карѳагена; экспедиціи грековъ; роль грековъ въ исторіи землевѣдѣнія; роль римлянъ въ землевѣдѣніи 3

Средній періодъ: значеніе аравитянъ и норманновъ; открытіе Исландіи, Гренландіи и С. Америки; итальянскія республики; плаванія португальцевъ и испанцевъ 12

Новый періодъ: открытіе мыса Доброй Надежды; открытіе Вестъ-Индіи; плаваніе Васко-де-Гамы въ Индію; открытіе Бразиліи и описаніе Америки; первое кругосвѣтное путешествіе; открытіе Австраліи; кругосвѣтныя плаванія XVIII—XIX ст. . . . 19

Морская метеорологія 28

Развитіе гидрологіи моря 30

Полярныя экспедиціи: изслѣдованія сѣверо-восточнаго и сѣверо-западнаго проходовъ и экспедиціи къ с. полюсу; изслѣдованія южныхъ полярныхъ странъ; международныя изслѣдованія полярныхъ странъ 63

Указатель литературы къ исторической части 64

ОТДѢЛЪ I.

(Геологическая часть).

Исторія земли. стр.

Образованіе земли 67

Обзоръ геологическихъ періодовъ: азойская, палеозойская, мезозойская и кенозойская эры; заключеніе 71

Динамика земной коры.

Ядро земли 120

стр.

Вулканы: послѣдовательныя фазы изверженія и продукты его; различные типы изверженій, строеніе и формы вулкановъ; потуханіе вулкана; грязные вулканы; географическое распредѣленіе вулкановъ; причины вулканизма и вліяніе его на рельефъ земной поверхности 131

Горообразованіе: формы дислокаціи и ея причины; значеніе дислокаціи въ горообразованіи 167

Землетрясенія: описаніе явленія и способы наблюденій; повторяемость и географическое распредѣленіе; причины землетрясеній 181

Геологическая дѣятельность атмосферы и водъ.

Геологическая роль атмосферы 192

Дѣятельность водъ: ключи и источники; дождевыя воды; рѣчныя воды; морскія воды; ледники и ледниковая эпоха 203

Заключеніе о дѣятельности атмосферы и водъ 277

ОТДѢЛЪ II.

(Гидрологія моря).

стр.

Горизонтальное расчлененіе земной поверхности.

Распредѣленіе суши и водъ 279

Суша и морскіе берега: дѣленіе суши; материки; острова; величина поверхности материковъ и острововъ; морскіе берега 283

Океаны и моря: классификація; величина поверхности 316

Объ уровнѣ моря.

Видъ уровня океана 326

Средній уровень моря 334

Колебанія уровня моря: годовой ходъ уровня; вѣковыя измѣненія средняго уровня 341

Приборы и наблюденія надъ уровнемъ моря 351

Вертикальное развитіе земной поверхности.

Рельефъ дна океановъ и морей: измѣреніе океанскихъ глубинъ; общій обзоръ рельефа океанскаго дна 372

Сопоставленіе высотъ суши и глубинъ моря: общія черты въ формахъ рельефа суши и морскаго дна; среднія и наибольшія глубины моря и высоты суши; средній профиль земной коры 405

Грунтъ дна океановъ и морей.

Классификація грунта 425

Географическое распредѣленіе разновидностей грунта 430

стр.

Физика и химія моря.

Температура морскихъ водъ: приборы и способы для изслѣдованія температуры водъ; связь между температурою поверхности моря и температурою воздуха и факторы, вліяющіе на температуру моря; суточный и годовой ходъ температуры моря; распредѣленіе температуры въ океанахъ и моряхъ 433

Химическій составъ морскихъ водъ: соли морской воды; способы опредѣленія солености; опредѣленіе плотности на поверхности моря и на глубинахъ; газы въ морской водѣ; собираніе образцовъ воды для анализа; происхожденіе солей въ морской водѣ; распредѣленіе солености и плотности водъ въ океанахъ; соленость внутреннихъ морей; значеніе солености для климатовъ земного шара 504

Прозрачность и цвѣтъ моря 570

Полярные льды: классификація и физическія свойства льдовъ; ледяныя поля; ледяныя горы; граница льдовъ 591

Указатель литературы и примѣчанія къ I-му и II-му отдѣламъ . . . 613

Указатель литературы по морскимъ экспедиціямъ съ 1868 по 1900 г. 626

Замѣченныя опечатки.

Стран.:	Строка:		Напечатано:	Должно быть:
2	снизу	9	среднематериковыхъ	средиматериковыхъ
13	»	17	стали	стала
40	сверху	8	въ 1899 г. была созвана	въ 1899 и 1902 гг. были созваны
»	»	9	международная конференція	международныя конференціи
»	»	12	постановленію	постановленіямъ
»	»	»	конференціи	конференцій
»	»	13	1901 г.	1902 г.
113	снизу	9	достигнуть	достигло
127	сверху	6	В. Томсонъ	У. Томсонъ
»	снизу	5	В. Томсонъ	У. Томсонъ
154	сверху	7	снѣгомъ;	снѣгомъ,
189	»	10	метеоролическими	метеорологическими
192	»	5	слѣдствіемъ,	слѣдствіемъ
215	»	7	является	являются
273	»	7	это	этого
274	»	11	большое	бóльшее
275	снизу	7	наиблольшее	наибольшее
»	»	14	вовсе не	не достаточно
276	сн. 12—13		температура	количество тепла
282	»	1	другое изъ суши	другое преимущественно изъ суши
288	»	11	Лаппаронъ	Лаппаранъ
289	сверху	18	23 острова	23 большіе острова
»	св. 24—25		представляютъ оторванныя или остаточныя части континента или намывныя	намывные или представляютъ оторванныя или остаточныя части континент
290	»	9	Шотландскими	Шётландскими
314	снизу	2	измѣняются еще болѣе	еще болѣе разнообра
317	сверху	1	Occeanus	Oceanus
»	снизу	2	частью на морфологическомъ	частью основанную в морфологическомъ
339	»	16	Остъ-Индіи [43])	Остъ-Индіи [44])
341	»	5	Нордкана	Нордкапа
358	сверху	12	*E*	*l*
364	»	1	состоитъ часового	состоитъ изъ часового
381	»	3	В. Томсона	У. Томсона
398	снизу	4	3394 саж.	3500 саж.
414	табл. св.	2	3400 (6205)	3500 (6390)
506	сверху	15	Торнэо	Торноэ
570	»	3	грамадное	громадное
609	Чер. 255		Challanger'омъ	Challenger'омъ
621	снизу	4	Merreswassers	Meereswassers
622	сверху	19	des	der
»	снизу	5	southern	southern

Дополненіе къ литературному указателю.

Къ стр. 396. Относительно наибольшей глубины 5269 саж. см. Морской Сборникъ 1900 г. № 12, стр. 166 ст. Ю. М. Шокальскаго «Замѣтки по гидрографіи и физической географіи». Положеніе этой впадины сообщено мнѣ Ю. М. Шокальскимъ на основаніи письма къ нему по этому вопросу гидрографа С.-А. Соедин. Штатовъ.

Къ стр. 400. Карта Сѣв. Ледовитаго ок. заимствована изъ соч. указаннаго въ прим. 60 и изъ карты, составленной Ю. М. Шокальскимъ.

Къ стр. 401. Карта Южнаго Лдовитаго ок. сообщена мнѣ весьма любезно полковникомъ Ю. М. Шокальскимъ и дополнена мною лишь новѣйшими промѣрами экспедицій «Belgica» и «Valdivia».

Къ стр. 491. О лѣтнемъ термическомъ наслоеніи въ Ладожскомъ оз. можно судить по наблюденіямъ Ю. М. Шокальскаго, о чемъ см. сообщеніе его на VII междунар. географ. конгрессѣ въ Берлинѣ въ 1899 г. «Le lac de Ladoga au point de vue thermique».

Къ стр. 491. Наблюденія надъ температурою водъ Байкала произведены въ 1896 г. полковникомъ К. Ѳ. Дриженко; см. Метеор. Вѣстн. 1897 г. стр. 187.

Къ стр. 492, графикъ № 228 для Женевскаго оз. составленъ по наблюд. проф. Фореля, а для Ладожскаго-Финл. учен. общества, присланнымъ мнѣ въ литограф. экз. профес. Петерсономъ изъ Стокгольма. Наблюденія въ Аральскомъ морѣ см. Л. Бергъ, «Матеріалы по гидрологіи Аральскаго моря». Ташкентъ. 1902.

Къ стр. 493, графикъ 230 заимствованъ изъ атласа Берггауза.

Къ стр. 494 — 495, графики 231 — 233 для Средиземнаго моря заимствованы изъ трудовъ экспед. «Pola» см. прим. 105; для Мраморнаго и Чернаго морей — по наблюд. экспед. 1894 — 1891 гг. см. прим. 73 и 107. Наблюденія же въ 1899 г. въ Черномъ м. (а не въ 1900 г. какъ знач. на граф.) см. Зап. по Гидрографіи 1900, вып. XXI.

Къ стр. 496. О подводномъ теченіи въ Босфорѣ см. изслѣдованіе кап. 1 ранга С. О. Макарова «Объ обмѣнѣ водъ Чернаго и Средиземнаго морей» СПб. 1885 г.

Къ стр. 497 — 500, графики 234 — 237 заимствов. изъ ст. проф. Крюммеля «Zur Physik der Ostsee» (Pet. Mit. 1895 стр. 81). Въ графикъ 237 вошли исключительно наблюденія С. О. Макарова на корветѣ «Витязь», напеч. въ трудѣ «Витязь и Тихій ок.» 1894 г.

Къ стр. 501, графикъ 238 составленъ по наблюд. Финл. ученаго общества, доставленнымъ мнѣ въ литограф. экземплярѣ профес. Петерсономъ изъ Стокгольма.

Къ стр. 559 — 560 графики 244 — 245 для Средиз. м. заимствованы изъ трудовъ экспед. «Pola» прим. 105, а остальные изъ экспед. 1891 и 1894 гг. см. прим. 73 и 107.

Къ стр. 562 — 565 граф. 246 заимств. изъ сочин. указан. въ прим. 107.
» 247 » » » » » » 109.

Къ прим. 46: докладъ С. О. Макарова: «О разности уровня морей, омывающихъ берега Европы по наблюденіямъ, произведеннымъ докладчикомъ на пароходѣ «Тамань» и въ кругосвѣтномъ плаваніи на корветѣ «Витязь».
стр. 618.

Къ прим. 75: Въ соч. «Витязь и Тихій ок.» в.-адм. Макарова даны между прочимъ впервые изотермы на глубинѣ 400 м. (219 саж.) для сѣв. части Тихаго ок.
стр. 623.

Къ стр. 633.

1899	Ермакъ (кап. 2 р. Васильевъ) эксп. вице-адмиралъ Макаровъ.	С. Ледовитый ок.	«Ермакъ во льдахъ» Вице - адмиралъ Макаровъ. СПб. 1901 г.

Предисловіе.

Цѣль настоящаго изданія указана уже выше Главнымъ Гидрографическимъ Управленіемъ, что же касается плана и объема изданія, то они вполнѣ опредѣляются самымъ названіемъ «лекцій». Въ Николаевской Морской Академіи читаются два важнѣйшіе для моряковъ отдѣла физической географіи — гидрологія и метеорологія; программа ихъ составлена примѣнительно къ потребностямъ гидрографовъ и въ такомъ объемѣ, чтобы каждый курсъ могъ быть пройденъ приблизительно въ 70 часовыхъ уроковъ.

По этой программѣ гидрологія должна бы обнимать лишь ученіе объ океанахъ и моряхъ, т. е. собственно гидрологію моря или, какъ ее часто называютъ, океанографію, но такъ какъ нѣкоторые вопросы въ этой отрасли тѣсно связаны съ геологическими положеніями и гипотезами, то является сама собою необходимость знакомить слушателей Академіи и съ главнѣйшими данными геологіи. Вмѣсто того, чтобы дѣлать это попутно при изученіи морскихъ бассейновъ и тѣмъ часто отвлекаться въ сторону отъ даннаго вопроса, я счелъ болѣе цѣлесообразнымъ необходимыя свѣдѣнія изъ геологіи, преимущественно динамиче-

ской ея части, какъ болѣе важной для моряка, предпослать въ видѣ осабаго геологическаго отдѣла курсу гидрологіи моря. Не будучи самъ спеціалистомъ по геологіи, я не смѣлъ протендовать на самостоятельную обработку предлагаемаго мною геологическаго отдѣла и стремился лишь возможно доступнѣе компилировать свѣдѣнія по общепризнаннымъ лучшимъ руководствамъ геологіи, пользуясь однако въ нѣкоторыхъ случаяхъ и оригинальными трудами ученыхъ. Нѣтъ сомнѣнія, что при такихъ условіяхъ могутъ встрѣтиться большіе недочеты какъ въ отношеніи законченности, такъ и въ такомъ развитіи каждаго вопроса, которое бы вполнѣ соотвѣтствовало его важности и современному его положенію въ наукѣ. Вѣроятность такихъ недостатковъ не могла однако удержать меня отъ рѣшимости напечатать геологическую часть, такъ какъ при составленіи ея для слушателей Николаевской Морской Академіи я имѣлъ въ виду не полное ими изученіе той или иной части геологіи, но лишь необходимое пособіе для уясненія условій образованія рельефа и очертаній морскихъ бассейновъ и ихъ современной жизни.

Отдѣлъ гидрологіи моря составленъ мною большею частью по оригинальнымъ трудамъ ученыхъ экспедицій и океанографовъ. Инструктивныя подробности относительно наблюденій и описаніе всѣхъ существующихъ гидрологическихъ инструментовъ съ ихъ достоинствами и недостатками слишкомъ увеличило бы объемъ изданія, поэтому я полагалъ достаточнымъ ограничиться въ этомъ отношеніи только указаніемъ на немногіе, наиболѣе испытанные приборы и вообще на принципы измѣрительныхъ методовъ, удовлетворяющихъ современнымъ научнымъ требованіямъ при гидрологическихъ изслѣдованіяхъ.

Въ исторической части новѣйшихъ глубоководныхъ из-

слѣдованій морей, мною перечисляются лишь нѣкоторыя спеціальныя экспедиціи, съ цѣлью показать только для примѣра, какъ всѣ культурныя морскія націи интересовались глубоководными изслѣдованіями морей. Такія экспедиціи снаряжались правительствами или учеными обществами, и потому всегда обставлялись и лучшими приборами и достаточнымъ числомъ спеціалистовъ. Но не мало услугъ оказано новѣйшей гидрологіи и трудами отдѣльныхъ лицъ, особенно командирами судовъ, производившими глубоководныя измѣренія попутно, среди другихъ служебныхъ занятій, и при самыхъ скудныхъ средствахъ инструментальнаго оборудованія. Объ этомъ я считаю умѣстнымъ сказать именно здѣсь, въ предисловіи, чтобы напомнить молодымъ офицерамъ флота, для которыхъ собственно назначается эта книга, что при желаніи и любви къ дѣлу каждый изъ нихъ можетъ внести и свою посильную лепту въ сокровищницу нашихъ знаній. Лучшимъ примѣромъ въ этомъ отношеніи изъ новѣйшаго времени можетъ служить выдающаяся и полная энергіи дѣятельность бывшаго командира нашего корвета «Витязь», капитана I-го ранга С. О. Макарова, нынѣ вице-адмирала. С. О. Макаровъ не только умѣлъ привлекать къ работѣ своихъ сослуживцевъ, но затѣмъ тщательно обрабатывалъ свои наблюденія и издавалъ ихъ для всеобщаго пользованія. Его образцовыя гидрологическія изслѣдованія въ Босфорѣ, производившіяся въ 1881 — 1882 году, во время командованія станціонеромъ въ Константинополѣ, пароходомъ «Тамань», и изданныя подъ заглавіемъ. «Объ обмѣнѣ водъ Чернаго и Средиземнаго морей», напомнили намъ тотъ періодъ русскаго флота, когда наши военныя суда старались извлекать изъ своихъ служебныхъ плаваній возможную массу научныхъ, физикогеографическихъ данныхъ, опережая на этомъ пути во многихъ случаяхъ иностранные флоты.

Затѣмъ, посылка корвета «Витязь» въ дальнее служебное плаваніе даетъ опять гидрологіи объемистый цѣнный трудъ, подъ заглавіемъ «Витязь и Тихій океанъ» (см. списокъ экспедиціи ст. 631), въ которомъ авторъ представляетъ совершенно новыя данныя по гидрологіи нашихъ восточныхъ морей и многихъ другихъ мѣстностей океановъ. Даже относительно морей омывающихъ берега Европы много новаго. Особенно интересны данныя для сужденія о вертикальномъ обмѣнѣ водъ въ проливахъ Бельтъ, Гибралтаръ, Бабъ-Эль Мандебъ, Формозскій и Лаперузовъ. Сложныя явленія Лаперузова пролива разработаны особенно подробно. Въ слѣдующихъ своихъ плаваніяхъ, уже въ качествѣ командующаго эскадрою, С. О. Макаровъ пополнилъ нѣсколько гидрологическій матеріалъ для морей Дальняго Востока и, наконецъ, въ 1899 году обратилъ свои взоры на полярныя изслѣдованія, совершивъ плаваніе на имъ же проэктированномъ ледоколѣ «Ермакъ» въ Ледовитый океанъ и въ Баренцовое море и описалъ эти труды въ книгѣ «Ермакъ во льдахъ». Со многими изъ изслѣдованій вице-адмирала С. О. Макарова я буду имѣть случай познакомить читателей въ третьемъ выпускѣ, въ отдѣлѣ о теченіяхъ и циркуляціи морскихъ водъ.

Кстати я позволю еще себѣ здѣсь пополнить историческую часть новѣйшаго времени указаніемъ на курсы, посвященные спеціально гидрологіи моря или океанографіи. На русскомъ языкѣ первый изъ такихъ курсовъ былъ составленъ въ 60-и десятыхъ годахъ пр. ст. лекторомъ бывшаго Академическаго Курса морскихъ наукъ, нынѣ Николаевской морской Академіи, академикомъ Л. И. Шренкомъ, но, къ сожалѣнію, этотъ курсъ издавался только въ видѣ литографированныхъ записокъ для слушателей Академіи и потому былъ мало извѣстенъ. Бо́льшею извѣстностью среди моряковъ пользовалось небольшое, но для того времени об-

стоятельно составленное руководство по физической географіи Филиппова. Затѣмъ въ 1885 г. изданы «Лекціи физической географіи» Н. А. Зворыкина съ отдѣломъ океанографіи, а въ 1901 г. «Популярныя лекціи по океанографіи» П. И. Броунова и наконецъ въ послѣдніе же годы явились въ русскомъ переводѣ «Grundzüge der physischen Geographie», Supan (Основы физической географіи. Зупана пер. подъ ред. проф. Д. Анучина, 1900 г.) и «Allgemeine Erdkunde» Hann, Brückner (Общее землевѣдѣніе. Земля, ея атмосфера и гидросфера, Ганна, пер. подъ редакціею проф. Броунова 1902 г.), въ которыхъ имѣются отдѣлы океанографіи, отвѣчающіе вполнѣ современному уровню нашихъ знаній. Въ иностранной литературѣ сверхъ того существуютъ слѣдующіе наиболѣе полные курсы спеціально по океанографіи: 1) Boguslawski und Krümmel, Handbuch der Oceanographie, 1884, 1887. 2) Attlmayer, Handbuch der Oceanographie und maritimen Meteorologie, 1883. 3) Thoulet, Oceanographie statique 1890, Oceanographie dynamique 1896.

По отпечатаніи настоящей книги въ литературномъ ея указателѣ замѣчены нѣкоторые пробѣлы; наиболѣе существенные изъ нихъ отмѣчены мною выше на страницѣ IX. Такимъ образомъ на этой страницѣ читатель найдетъ между прочимъ указанія и на источники, непоименованные подъ нѣкоторыми графиками въ статьѣ о температурѣ (стр. 492 — 501) и солености водъ (стр. 559 — 565).

Въ изданіи, подобномъ настоящему, удобнѣе было бы всего пользоваться въ отношеніи мѣръ метрическою системою, но она вовсе не привилась въ нашемъ флотѣ, употребляющемъ почти исключительно англійскія и русскія мѣры. Послѣднія, поэтому, и приняты мною, какъ основныя, и отступленіе сдѣлано только въ нѣкоторыхъ случаяхъ, но

для температуръ вездѣ приняты градусы Цельсія. Морскія глубины, какъ это принято у насъ на морскихъ картахъ, даны въ морскихъ саженяхъ 6-и футовой мѣры (сажень = 1,8288 метра); во всѣхъ другихъ случаяхъ сажень считалась 7 футъ (2,133 метра).

Сознавая всю трудность принятой на себя обязанности подготовить къ печати настоящій трудъ, я обратился къ барону Ф. Ф. Врангелю, какъ бывшему до меня въ Академіи лекторомъ по гидрологіи, съ просьбою просматривать корректурные листы и сообщать мнѣ свои замѣчанія. Считаю своимъ долгомъ выразить здѣсь мою искреннюю признательность Фердинанду Фердинандовичу за то вниманіе, съ которымъ онъ отнесся къ моей просьбѣ, и за всѣ его совѣты и указанія, которыми я и не замедлилъ воспользоваться.

Въ заключеніе приношу мою благодарность Начальнику Главнаго Гидрографическаго Управленія генералъ-лейтенанту Константину Ивановичу Михайлову за предоставленіе мнѣ возможности напечатать мои лекціи и Начальнику Картографической части подполковнику Е. Л. Бялокозу за указанія при исполненіи картъ и рисунковъ, которые много способствовали улучшенію изданія.

І. Шпиндлеръ.

ВВЕДЕНІЕ.

1. Предметъ физической географіи и подраздѣленіе ея.

Земля наша, будучи мѣстомъ жизни человѣка и другихъ организмовъ, сама одарена жизнью; эта жизнь выражается въ разныхъ физическихъ явленіяхъ, причины которыхъ частью лежатъ внѣ земли (космическія причины), а частью заключаются въ физическихъ свойствахъ составныхъ частей земли и ихъ взаимодѣйствіи (причины теллурическія). Описать эти явленія, равно какъ выяснить причины ихъ, взаимную связь, физическія свойства составныхъ частей земли и въ связи съ ними распредѣленіе организмовъ, составляетъ предметъ *физическаго землевѣдѣнія* или *физической географіи*. Явленія, входящія въ область физической географіи, чрезвычайно сложны и разнообразны, почему для изученія ихъ, при настоящемъ развитіи нашихъ знаній, необходимо выдѣлять и разсматривать порознь группы болѣе или менѣе однородныхъ явленій, для которыхъ могутъ быть сдѣланы или уже существуютъ нѣкоторыя обобщенія. Земля состоитъ изъ 3-хъ главныхъ частей, отличныхъ по своимъ свойствамъ:

1) твердой коры (литосферы) съ внутреннимъ ядромъ,

2) водной поверхности (гидросферы),

3) воздушной оболочки, окружающей весь земной шаръ и называемой атмосферою.

Соотвѣтственно этому мы имѣемъ три главные отдѣла физической географіи:

1) геологію — ученіе о твердой корѣ и ея внутренности,
2) гидрологію — ученіе о водахъ земли и
3) метеорологію — ученіе объ явленіяхъ въ атмосферѣ.

Каждый изъ этихъ отдѣловъ по мѣрѣ своего развитія подраздѣляется въ свою очередь на другія болѣе или менѣе самостоятельныя научныя отрасли.

Такимъ образомъ въ свое время изъ гидрологіи выдѣлилась гидрологія моря или *океанографія* — ученіе о водахъ, омывающихъ материки, т. е. объ океанахъ и моряхъ, тогда какъ материковыя воды, какъ рѣки, озера, ключи и источники составляютъ предметъ континентальной гидрологіи, тѣсно связанной съ динамическою геологіею.

Подраздѣленіе гидрологіи на океанографію и ученіе о материковыхъ водахъ основано не только на топографическомъ, такъ сказать, различіи тѣхъ и другихъ водъ, но и на различіи физическихъ и химическихъ ихъ свойствъ. Материковыя воды большею частью такъ называемыя прѣсныя воды; если-же въ нихъ замѣчается минеральность, то послѣдняя чрезвычайно разнообразная и зависитъ чаще всего отъ свойства мѣстныхъ горныхъ породъ и ихъ расположенія; вода-же океановъ и морей исключительно горько-соленая, вездѣ съ преобладаніемъ поваренной соли, отличаясь мѣстами лишь степенью концентраціи (какъ напримѣръ, вблизи устьевъ рѣкъ или-же, какъ въ среднематериковыхъ моряхъ), подъ вліяніемъ разности въ приходѣ и расходѣ прѣсныхъ водъ. Немногія озера, какъ Каспійское и Аральское, сохранили нѣкоторое подобіе съ морскими бассейнами и потому справедливо носятъ названіе морей, но все же и въ нихъ вода по качеству солей отлична отъ океанской воды.

2. Историческая часть.

Уже въ самой глубокой древности образованные народы обнаруживаютъ попытки расширить свой кругозоръ экспеди-

ціями и путешествіями. Иниціатива въ этомъ направленіи принадлежитъ народамъ, поселившимся въ восточной части Средиземнаго моря. Отсюда движеніе распространялось мало по малу на западъ и привело къ открытію Новаго Свѣта и установленію новыхъ, современныхъ, воззрѣній на фигуру земли.

Все время, предшествовавшее открытію Новаго Свѣта и обнимающее болѣе 20 столѣтій, подраздѣляютъ обыкновенно на два періода: древній, отличавшійся высокою культурностью грековъ, перешедшей затѣмъ къ римлянамъ, и средній, въ которомъ замѣчается пониженіе научныхъ знаній, и только арабы сохраняютъ ученыя преданія классической древности и сами развиваютъ нѣкоторыя отрасли наукъ. За открытіемъ Новаго Свѣта слѣдуютъ великія открытія Коперника, Галилея и Ньютона, положившія основу современной наукѣ, но область физическаго землевѣдѣнія все еще медленно развивалась, такъ что крупнѣйшіе результаты въ этой области пріобрѣтаются лишь въ послѣднемъ столѣтіи. Причина столь медленнаго развитія физическаго землевѣдѣнія заключается отчасти въ зависимости этой науки отъ успѣховъ физики и механики, а отчасти въ самомъ характерѣ явленій, почти исключающемъ опыты и требующемъ наблюденій на возможно большомъ пространствѣ земного шара. Въ нижеслѣдующемъ очеркѣ мы имѣемъ въ виду лишь отмѣтить важнѣйшіе моменты для успѣховъ главнымъ образомъ гидрологіи моря, но считаемъ при этомъ полезнымъ предпослать изложеніе главнѣйшихъ событій изъ исторіи географическихъ открытій, какъ послужившихъ базою для расширенія гидрологическихъ знаній.

Древній періодъ. — Изъ народовъ, поселившихся въ восточной части Средиземнаго моря, египтяне первые достигаютъ высокой степени образованности и первые даютъ толчекъ къ расширенію географическаго кругозора. Они, благодаря частымъ военнымъ походамъ, имѣли уже свѣдѣнія объ очень далекихъ странахъ. Особенно замѣчателенъ въ этомъ отношеніи періодъ Сезострисовъ, изъ которыхъ Рамсесъ Великій

(1400 г. до Р. Х.), извѣстный у грековъ подъ именемъ Сезостриса, проникъ на югѣ до нынѣшней Абиссиніи, на сѣверѣ до Танаиса (Дона), слѣдовательно до границъ между Азіею и Европою, гдѣ обитали колхидяне и скиѳы; къ востоку онъ дошелъ до земель Аравійскихъ и черезъ Аравійскій заливъ (Эритрейское море) съ большимъ флотомъ проникъ въ Индію и завоевалъ многіе города по теченію Ганга. Объ этихъ завоеваніяхъ свидѣтельствуютъ многіе великолѣпные памятники и обелиски, воздвигнутые на сокровища Индіи.

Послѣ Сезострисовъ сношенія египтянъ съ чужими странами прекращаются и только при фараонѣ Нехао (600 л. до Р. Х.) возобновляются побѣдоносные походы египтянъ противъ Іерусалима, Ассиріи и странъ по Евфрату. Этотъ-же царь Нехао принялъ въ свою службу опытныхъ финикійскихъ моряковъ и приказалъ имъ, выйдя изъ Эритрейскаго моря, обойти на корабляхъ вокругъ всей Ливіи (Африки) и черезъ Геркулесовы столбы возвратиться къ устьямъ Нила. Самый приказъ Нехао доказываетъ, что онъ имѣлъ уже какія-то свѣдѣнія объ этомъ пути. Путешествіе продолжалось три года, и финикіане дѣйствительно обогнули Африку, но это обстоятельство почти не повліяло на тогдашнія ошибочныя понятія о видѣ земли, что доказываетъ только, что это открытіе было слишкомъ велико для своего времени. Даже Геродотъ относился къ этому событію скептически; передавая объ этомъ путешествіи и говоря, что моряки, посланные Нехао, разсказывали, что, идя сначала все на югъ, они достигли наконецъ такихъ странъ, что, когда поворотили на западъ, то увидѣли солнце на правой сторонѣ (какъ и должно быть въ южномъ полушаріи), Геродотъ прибавляетъ отъ себя: „я самъ не вѣрю этому, можетъ быть найдутся другіе, которые повѣрятъ этому“.

Экспедиціи финикіанъ и Карѳагена. Послѣ Нехао египтяне совершенно сходятъ со сцены географическихъ открытій, и роль эта нѣкоторое время принадлежитъ финикіанамъ и ихъ колоніямъ. Древнѣйшая извѣстная экспедиція финикіанъ — это

экспедиція въ Офиръ. Много было споровъ о томъ, гдѣ лежалъ Офиръ; предполагали, что это или Малабарскій берегъ, или Цейлонъ или Зондскіе острова; но во всякомъ случаѣ извѣстно, что эта экспедиція была предпринята изъ Краснаго моря на востокъ. Кромѣ этой экспедиціи финикіане много плавали и по Средиземному морю на западъ — самое названіе океанъ (всеобъемлющее) — финикійскаго происхожденія и доказываетъ, что финикіане первые перешли черезъ Гибралтаръ въ Атлантическій океанъ. Подвигаясь по Средиземному морю все болѣе и болѣе къ западу, финикіане основываютъ по пути многія колоніи, изъ которыхъ наиболѣе замѣчательная въ дѣлѣ географическихъ открытій Карѳагенъ. Древнѣйшее изъ описаній карѳагенскихъ экспедицій, переданное намъ Страбономъ — это Перипл Ганно (въ концѣ V стол. до Р. Х.), экспедиція изъ 30000 человѣкъ на 60 судахъ вдоль береговъ Африки, сначала на западъ, до Геркулесовыхъ столбовъ, а затѣмъ на югъ, гдѣ и достигла повидимому мыса Зеленаго. Путешественники разсказывали про страшный, нестерпимый жаръ на югѣ, про мохнатыхъ людей (гориллы), про огненныя рѣки (потоки лавы), но этимъ разсказамъ не вѣрили, считали ихъ просто выдумками. Одновременно съ этою экспедиціею другая подъ начальствомъ Гимилько пошла изъ Гибралтарскаго пролива на сѣверъ и достигла какихъ-то „Мрачныхъ пространствъ“, — вѣроятно туманы Англіи и Нѣмецкаго моря. Финикіане доходили затѣмъ до Балтійскаго моря (откуда привозили янтарь), они плавали также по Черному и Каспійскому морямъ, но подробности объ этихъ плаваніяхъ мало извѣстны, такъ какъ финикіане были прежде всего торговый народъ и о многихъ своихъ торговыхъ пунктахъ они умалчивали, боясь соперничества. Итакъ, финикіанамъ извѣстна была большая часть прибрежій Европы, Африки и Азіи, но при всемъ томъ они скоро сошли со сцены всемірной исторіи.

Экспедиціи грековъ. На мѣсто ихъ выступаютъ греки и завладѣваютъ не только прежнею торговлею финикіанъ на Сре-

диземномъ морѣ, но и отчасти пріобрѣтенными ими географическими познаніями.

Первая большая экспедиція эллиновъ, извѣстіе о которой дошло до потомства — это походъ Аргонавтовъ. Онъ занимаетъ третье мѣсто вслѣдъ за путешествіемъ финикіанъ въ Офиръ и плаваніемъ ихъ вокругъ Африки при Нехао.

Походъ Аргонавтовъ совершенъ былъ еще во времена до Гомера и воспѣтъ многими поэтами, въ описаніи которыхъ, конечно, не мало вымышленнаго, но есть между ними и такія мѣткія мѣста, что нельзя сомнѣваться въ дѣйствительности этого путешествія (какъ напр. описанія Азовскаго моря — Меотическаго болота, Дона (Танаиса) и кургановъ нашихъ южныхъ степей и т. п.). Путешествіе было предпринято изъ Греціи по Эгейскому и Черному морямъ въ Колхиду, расположенную у подножія Кавказскихъ горъ и славившуюся несмѣтными богатствами. Какой народъ жилъ тамъ, неизвѣстно; но туда привозились всѣ богатства изъ Персіи, Индіи и Китая, и здѣсь-же были главные рынки для торговли со скиѳскими племенами. Въ поэтическихъ описаніяхъ грековъ о походѣ Аргонавтовъ особенно запутанъ ихъ обратный путь; такъ по нѣкоторымъ описаніямъ они поднялись по Днѣпру, прошли въ Нѣмецкое море и оттуда вернулись черезъ Гибралтаръ. Однако этотъ путь подверженъ сомнѣнію и составляетъ уже вѣроятно вымыселъ позднѣйшихъ временъ, когда греки узнали объ этихъ странахъ изъ описаній Геродота.

Изъ греческихъ колоній продолжительныя морскія путешествія прежде другихъ стали предпринимать фокейскіе мореплаватели. Они открыли Адріатическое море, Торенто (зап. Италія) и Иберію (630 л. до Р. Х.) и познакомились здѣсь съ Тартесскимъ царствомъ, къ югу отъ Гвадіаны, сдѣлавшимся извѣстнымъ обиліемъ серебра; сереброносный Тартессъ былъ для іонійскихъ грековъ тѣмъ же, чѣмъ впослѣдствіи Америка для европейцевъ.

Не менѣе замѣчательна дѣятельность милетянъ, основав-

шихъ свои колоніи по берегамъ Понта на тѣхъ самыхъ мѣстахъ, гдѣ раньше финикіане вели торговлю съ туземцами; за милетянами уже послѣдовали другіе греки.

Роль грековъ въ исторіи землевѣдѣнія. Однако самая главная роль грековъ въ исторіи землевѣдѣнія не въ открытіяхъ, но въ первой обработкѣ географической науки. На этомъ поприщѣ впервые болѣе всѣхъ становятся извѣстными Ѳалесъ изъ Милета и ученикъ его Анаксимандръ. Ѳалесъ училъ, что вода есть начало всѣхъ вещей и утверждалъ, что земля однородна съ небесными тѣлами. Анаксимандру приписываютъ составленіе первой географической карты; онъ-же учитъ, что вещи возникли изъ хаоса, которому онъ даетъ опредѣленіе „безконечнаго“ и которому приписывалъ внутреннюю энергію. Въ ученіи Анаксимандра замѣтно уже стремленіе обосновать космогоническую систему на вліяніи жара и холода на хаотическую матерію; такъ, по его мнѣнію, выдѣлившіяся изъ хаоса холодныя частицы послужили основаніемъ земли, получившей форму цилиндра и удерживаемой воздухомъ въ центрѣ міра на равномъ разстояніи отъ границъ вселенной, тогда какъ теплыя частицы поднялись вверхъ и образовали свѣтящіяся небесныя тѣла. Изъ Ѳалесовой школы вышелъ также извѣстный Гекатей, составившій (500 л. до Р. Х.) карту извѣстныхъ ему странъ и описаніе земли, въ которомъ Европа, Азія и Ливія (Африка) разсматривались каждая въ отдѣльной книгѣ, но относительно вида и положенія земли Гекатей имѣлъ столь-же ложное представленіе, какъ и его предшественники.

Геродотъ Галикарнасскій обладалъ уже болѣе обширными физико-географическими познаніями чѣмъ Гекатей, но фигуру земли представлялъ себѣ плоскою съ вогнутостью къ Средиземному морю. Онъ жилъ около половины V-го стол. до Р. Х. и написалъ 9 книгъ, названныхъ по имени девяти музъ; въ нихъ онъ съ величайшею подробностью передаетъ все, что самъ видѣлъ или узналъ отъ другихъ. Самъ онъ не мало путешествовалъ—на востокъ доходилъ до Персіи, на югъ до источниковъ

Нила, на западъ до Карѳагена и на сѣверъ до южной Россіи. Въ путешествіяхъ своихъ онъ собираетъ свѣдѣнія и о другихъ странахъ и при описаніяхъ указываетъ источники, откуда добыты свѣдѣнія. Онъ не умалчиваетъ ни о своемъ незнаніи, ни о своихъ гипотезахъ, ни о легендахъ жрецовъ и этою искренностью повѣствованія и основательнымъ, изящнымъ изложеніемъ географическихъ свѣдѣній онъ заслужилъ справедливо имя отца исторіи и основателя географіи. Географическія представленія Геродота показаны на картѣ (чер. 1).

Чер. 1. Карта Геродота.

До Геродота нѣкоторыя свѣдѣнія носятъ еще легендарный характеръ и потому это время можно назвать древнѣйшимъ періодомъ географіи, съ Геродота же начинается собственно древній періодъ исторіи землевѣдѣнія, продолжающійся до великаго переселенія народовъ. Въ теченіе этого періода важнѣйшіе моменты для успѣховъ землевѣдѣнія *владычество македонянъ и Птоломеевъ и развитіе Римской Имперіи.*

Этимъ событіямъ предшествуетъ дѣятельность Аристотеля (384—322 г. до Р. Х.), перваго писателя въ области физики земного шара. Въ его трудахъ, между которыми занимаетъ видное мѣсто его „Метеорологія“, приведено въ строгій, систематическій порядокъ все современное ему естествознаніе. Аристотель установилъ между прочимъ твердо мнѣніе о шарообразности земли; хотя подобное мнѣніе высказывалось и пиѳагорейцами, но Аристотель первый привелъ основательныя соображенія (форма тѣни при лунныхъ затмѣніяхъ) въ пользу шарообразности. Къ разсматриваемому времени (320 г.) относится путешествіе знаменитаго астронома изъ Массиліи (Марсель) Пиѳеаса въ сѣверныя моря, гдѣ между прочимъ онъ собралъ первыя данныя объ островѣ подъ полярнымъ кругомъ, названномъ имъ Туле (Исландія). Путешествіе Пиѳеаса имѣло значеніе для расширенія географическихъ свѣдѣній на сѣверъ, но болѣе общее значеніе пріобрѣли *походы Александра Македонскаго*. Важнѣйшій изъ походовъ его—походъ въ Индію; этимъ онъ открылъ новый міръ на востокѣ, какъ 1800 лѣтъ спустя Колумбъ открылъ Новый Свѣтъ на западѣ; съ тѣхъ поръ Индія сдѣлалась для европейцевъ землею чудесъ на востокѣ, какъ послѣ Америка на западѣ. Благодаря Александру Македонскому извѣстный эллинамъ міръ почти удвоился; сдѣлались извѣстными не одинъ востокъ, но и сѣверныя страны Европы вблизи придунайскихъ земель и Азіи до истоковъ Окса, равно какъ и земли скиѳовъ до Волги.

Командовавшій во время похода въ Индію флотомъ Неархъ былъ первымъ греческимъ описателемъ явленія приливовъ и отливовъ въ дельтѣ Инда. Но однимъ изъ важнѣйшихъ послѣдствій походовъ Александра являются многочисленныя колоніи, которыя онъ основывалъ съ такимъ проницательнымъ взглядомъ въ будущее, что многія колоніи существовали нѣсколько столѣтій, а нѣкоторыя, какъ Александрія въ Египтѣ, живутъ и теперь.

Эта Александрія въ то-же время самая замѣчательная изъ

всѣхъ колоній. Греческая династія Птоломеевъ расширила ее, и вскорѣ она сдѣлалась центромъ всей торговли, а главное, центромъ всего ученаго міра того времени. Въ ней основана была первая библіотека съ огромнымъ количествомъ сочиненій, тутъ-же основана Александрійская школа, изъ которой вышли многіе знаменитые ученые и географы. Изъ географовъ извѣстны Эратосѳенъ (род. 276 г. до Р. Х.) и Гиппархъ (род. 160 г. до Р. Х.). Эратосѳенъ считается основателемъ математической географіи; онъ первый пытался измѣрить величину земли, и составилъ географію, въ которой каждое мѣсто старался опредѣлить по широтѣ. Гиппархъ продолжалъ дѣло начатое Эратосѳеномъ и ввелъ въ опредѣленіе мѣстъ еще и долготу, представивъ меридіаны на картѣ дугами круговъ. Птоломеи много сдѣлали также для развитія морской торговли съ Индіею. Одинъ изъ капитановъ, плававшихъ часто изъ Краснаго моря въ Индію, Гиппалъ, первый обратилъ вниманіе на существованіе муссоновъ Индійскаго океана и, благодаря этому, плаваніе облегчалось, такъ какъ могли выбирать всегда для этого время попутнаго муссона. Въ честь Гиппала пошло названіе муссоновъ — вѣтрами Гиппала, а самый Индійскій океанъ называли часто моремъ Гиппала.

Роль Римлянъ въ землеѣдѣніи. Изъ Александріи географическія познанія перешли къ римлянамъ; сами римляне мало сдѣлали для географіи. Они знакомились съ земною поверхностью посредствомъ походовъ и составляли карты, но лишь карты путей, по которымъ проходили ихъ легіоны. На основаніи этихъ походовъ римляне оставили потомству два описанія— описаніе Галліи Ю. Цезаремъ и Германіи — Тацитомъ. Изъ греческихъ ученыхъ римскаго періода извѣстны Страбонъ и Птоломей, которые передали намъ всю сумму географическихъ познаній древнихъ.

Страбонъ жилъ въ царствованіе Августа и Тиверія и оставилъ географическое сочиненіе въ 17 книгахъ, въ которыхъ онъ передалъ многое имъ самимъ видѣнное во время своихъ

путешествій. По мнѣнію Страбона всѣ извѣстныя материковыя части представляютъ собою островъ омываемый однимъ океаномъ.

Птоломей жилъ во II-мъ столѣтіи послѣ Р. Х., написалъ географическій трудъ и составилъ карту по карѳагенскимъ источникамъ, на которой уже первый меридіанъ проведенъ черезъ о-въ Ферро. Географическія познанія Птоломея были весьма обширны; онъ не только зналъ о Цейлонѣ, но и о Зондскихъ островахъ, Средней Азіи и Уральскихъ горахъ, но все-же объ Индійскомъ океанѣ думалъ, что это внутреннее море, какъ видно на его картѣ (чер. 2); онъ не вѣрилъ правди-

Чер. 2. Карта Птоломея.

вости разсказовъ о плаваніи финикіанъ при Нехао вокругъ Африки, т. е. въ этомъ отношеніи онъ отсталъ отъ Геродота. Мнѣніе Птоломея о замкнутости Индійскаго океана перешло и

къ аравитянамъ, выступающимъ на сцену исторіи вскорѣ послѣ паденія Римской Имперіи.

Средній періодъ. Съ паденіемъ Рима греко-римская образованность отходитъ на второй планъ. Новые народы и страны, новые языки, ученія и научныя системы, такъ-же какъ и новые литературные источники и свѣдѣнія, появляются въ самыхъ разнообразныхъ формахъ.

Въ этомъ періодѣ, обнимающемъ собою средневѣковую географію, (отъ 400 г. до 1500 г. по Р. Х.) слишкомъ 1000 лѣтъ, происходятъ такія крупныя событія, какъ переселеніе народовъ и распространеніе христіанства, завоеванія аравитянъ и норманновъ, крестовые походы, процвѣтаніе итальянскихъ республикъ Флоренціи, Пизы, Генуи и Венеціи и, наконецъ, мореходныя предпріятія испанцевъ и португальцевъ.

Отъ вновь переселившихся народовъ нельзя было ожидать новыхъ географическихъ свѣдѣній и сочиненій и потому время переселенія народовъ, равно какъ и хожденіе христіанскихъ проповѣдниковъ, имѣетъ значеніе въ исторіи географіи лишь въ отношеніи болѣе подробнаго изученія тогдашнихъ географическихъ условій извѣстнаго уже въ главныхъ чертахъ древняго міра.

Значеніе аравитянъ и норманновъ. Иное дѣло завоеванія аравитянъ и норманновъ. Аравитяне, распространивъ свое владычество до Индіи, за Кавказъ, внутрь Африки до Нигера и на западѣ до Испаніи, стали заниматься наукою и особенно географіею. По приказанію калифа Аль-Мамуна были переведены сочиненія Птоломея на арабскій языкъ и въ этомъ переводѣ впервые дошли до насъ [1]). По приказанію этого-же калифа произведено было измѣреніе градуса земной поверхности и при немъ-же были составлены два глобуса.

Не менѣе замѣчательны морскія плаванія аравитянъ; они

---

1) Извѣстно подъ арабскимъ названіемъ «Альмагестъ».

доставили немало географическихъ свѣдѣній. Такъ въ X-мъ столѣтіи аравитяне спустились вдоль восточнаго берега Африки до мыса Коріентесъ и основали здѣсь города, которые впослѣдствіи видѣлъ Васко-де-Гама. На востокѣ они доходили до Зондскихъ и Молукскихъ острововъ и даже въ главный китайскій городъ Канъ-фу (Кантонъ?), гдѣ уже имѣли своего кади.

Подобно аравитянамъ, познакомившимся съ югомъ и востокомъ, норманны расширили свѣдѣнія о сѣверѣ и западѣ. Они не только познакомились со всѣми сѣверными островами, Шетландскими, Гебридскими и т. д., но и первые перешли въ Новый Свѣтъ еще за 500 лѣтъ до Колумба.

Открытіе Исландіи, Гренландіи и С. Америки. Въ 867 г. норманны, занесенные бурею, случайно открываютъ Исландію, которая затѣмъ быстро заселилась и притомъ самымъ избраннымъ обществомъ изъ Норвегіи и Даніи. Благодаря послѣднему обстоятельству въ Исландіи стали процвѣтать образованность, далеко превосходившая цивилизацію среднеевропейскихъ государствъ, что и выразилось въ самостоятельномъ развитіи поэзіи, исторіи, географіи и литературы. Исландцы-же первые изъ европейцевъ познакомились съ Новымъ Свѣтомъ. Эпизодъ этотъ хотя и не повліялъ на развитіе землевѣдѣнія, но на столько интересенъ, что заслуживаетъ изложенія.

Одинъ изъ исландскихъ владѣльцевъ Эрикъ Рыжій, будучи за убійство осужденъ на изгнаніе, отправился въ 985 г. на кораблѣ въ невѣдомыя страны для открытій. Скоро онъ попалъ въ льды, съ ними поплылъ къ югу и, обогнувъ южную оконечность Гренландіи, присталъ въ одной изъ бухтъ къ берегу. Зеленые луга у южной оконечности, а можетъ быть и желаніе заманить туда поселенцевъ дали поводъ Эрику назвать вновь открытую страну Гренландіею.

По возвращеніи Эрика изъ изгнанія, разсказы его про зеленую страну увлекли многихъ исландцевъ и цѣлыя общества

стали туда переселяться и образовали колоніи, которыя быстро разростались и со временемъ образовали два города и много деревень. Въ 1124 году Гренландія получила отъ папы перваго епископа. Колонія, въ видахъ снабженія себя предметами первой необходимости, поддерживала сношенія съ Норвегіею, но въ концѣ XIV-го столѣтія вдругъ всѣ извѣстія о Гренландіи прекращаются. Нѣсколько попытокъ пробраться туда изъ Норвегіи были неуспѣшны изъ-за льдовъ, закрывавшихъ доступъ къ берегу Гренландіи, и тогда стали говорить, что климатъ Гренландіи сталъ суровѣе; но надо замѣтить, что въ Норвегіи точно не знали, гдѣ эти колоніи — на восточномъ или на западномъ берегу Гренландіи, и всѣ попытки были направлены пройти къ восточному берегу, между тѣмъ, какъ колоніи были на западномъ берегу. Слѣды этихъ колоній открыли только въ XVIII-мъ столѣтіи.

Нѣсколько позже основанія Гренландскихъ колоній открытъ и восточный берегъ Сѣверной Америки и вотъ какъ это случилось.

Исландцы, плававъ въ Гренландію, разсказывали, что на юго-западъ отъ пути въ Гренландію виднѣется какъ будто-бы земля. На основаніи этихъ разсказовъ сынъ Эрика, Лейфъ, отправился въ 1001 г. съ товарищами въ указанномъ направленіи и открылъ скалистый берегъ Лабрадора, а спустившись южнѣе — берегъ, покрытый лѣсомъ, выйдя на который, замѣтили много дикаго винограда, почему и назвали эту страну Винландомъ. Климатъ оказался здѣсь пріятнымъ, почва хорошею, и потому Лейфъ остался здѣсь, а слѣдуя его примѣру, стали приходить сюда и другіе исландцы, и берегъ скоро заселился. Исторія заселенія этого берега и сношеній его съ Исландіею записаны въ сагѣ этой страны и, судя по описанію Винланда, надо полагать, что онъ лежалъ около Нью-Іорка, Вашингтона или Филадельфіи. Винландцы, разбогатѣвъ въ колоніи, возвращались въ Исландію, а въ 1010 г. уже всѣ колонисты покидаютъ Винландъ, повидимому, вслѣдствіе непріязненныхъ отношеній

къ нимъ сосѣдей-эскимосовъ. Объ открытіи Винланда упоминаетъ также одинъ изъ лучшихъ географовъ того времени Адамъ Бременскій (1075 г.), но удивительно, что на это въ Европѣ не обратили никакого вниманія, такъ что даже Колумбъ, бывши въ Исландіи, слышалъ только какіе-то смутные разсказы о землѣ на западѣ.

Другія событія, очевидно, занимали тогда Европу, именно, ея взоры были обращены на возникающія итальянскія республики и монголовъ, подходившихъ уже съ востока къ западной Европѣ.

Итальянскія республики. Генуя, Венеція, Флоренція и Пиза завели большія торговыя сношенія съ Востокомъ, моремъ и сухимъ путемъ, и быстро стали богатѣть и усиливаться. Особенно усилились генуэзцы; они между прочимъ вытѣснили изъ Чернаго моря венеціанцевъ и завладѣли всею торговлею съ береговъ этого моря, откуда они пересылали свои товары въ Арменію, Персію и даже доходили до средняго Китая. Ими-же основаны колоніи въ Крыму, которымъ они и владѣли до завоеванія его Тамерланомъ, основавшимъ здѣсь татарское ханство. Морскія плаванія генуэзцевъ не остались безъ вліянія и на расширеніе географическихъ свѣдѣній. Они описали въ половинѣ XIV-го столѣтія о-ва Канарскіе, о-въ Мадеру и Порто-Санто. Изъ Генуи вышелъ и Христоферъ Колумбъ. Въ то-же время венеціанцы, вытѣсненные изъ Чернаго моря генуэзцами, направили свою торговлю черезъ Александрію въ Индію, и въ скоромъ времени несмѣтныя богатства Индіи полились въ Венецію, которая скоро и сдѣлалась центромъ образованія и искусствъ и доставила намъ знаменитыхъ ученыхъ и путешественниковъ, между которыми особенно замѣчателенъ Марко Поло.

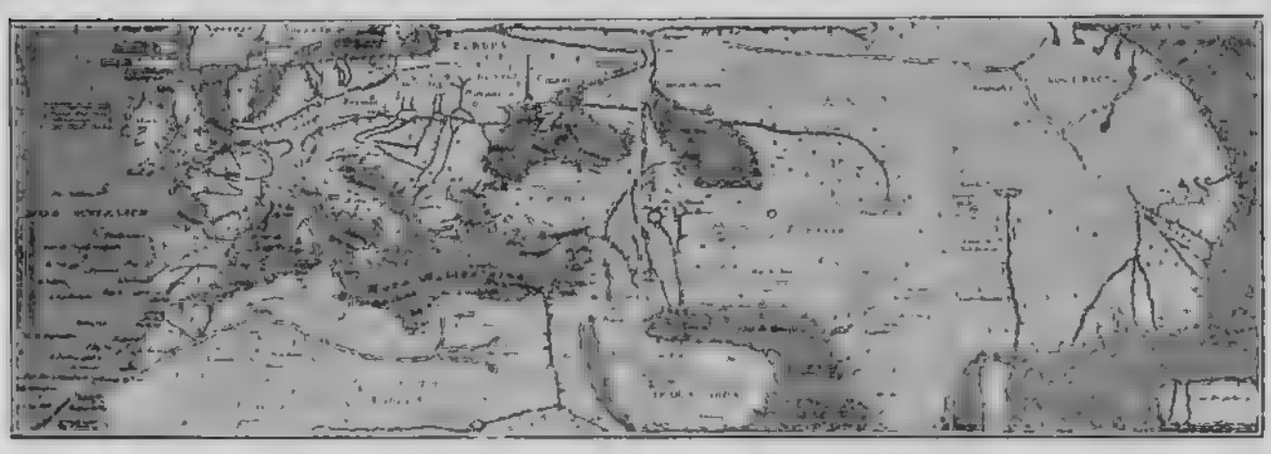
Марко Поло отправился вмѣстѣ съ отцомъ своимъ, дядей, нѣсколькими венеціанскими купцами и проповѣдниками ко двору монгольскаго хана, Кублая. Онъ вскорѣ изучилъ языки восточныхъ народовъ Азіи, сдѣлался любимцемъ хана и провелъ, большею частью въ свитѣ хана, 26 лѣтъ (1272—

1298 г.) въ путешествіяхъ по Азіи. Его храбрость и знаніе военнаго искусства скоро доставили ему славу и почетъ. Во время великаго завоеванія Китая онъ особенно участвовалъ въ осадѣ большихъ городовъ, умѣя строить метательныя и другія боевыя машины. При его помощи два большія китайскія царства, на сѣверѣ и на югѣ, превращены были въ одну монгольскую монархію, столицею которой и сдѣлался съ 1280 г. Пекинъ. Такимъ образомъ Марко Поло первый былъ въ состояніи описать Китай съ его милліонами жителей, съ его громадными городами и богатствами. Онъ дѣйствительно первый составилъ обстоятельную географію Китая. Современники не вѣрили его разсказамъ, считая ихъ преувеличенными, и называли Марко Поло въ насмѣшку „Il millione", говоря этимъ, что онъ ворочаетъ милліонами. Только впослѣдствіи оказалось, какъ Марко Поло былъ точенъ и правдивъ, и потому справедливо теперь называютъ его Геродотомъ среднихъ вѣковъ. Въ Китаѣ собралъ онъ свѣдѣнія и о Японіи, которую онъ называетъ Чипанго. Онъ-то и далъ поводъ Колумбу искать Чипанго, что и повело къ открытію Новаго Свѣта. Марко Поло описываетъ также Тибетъ, онъ-же собралъ свѣдѣнія, что Индійскій океанъ съ юга открытъ и что можно обойти вокругъ Африки. Онъ первый говоритъ о Мадагаскарѣ и близъ лежащихъ земляхъ, населенныхъ неграми, и сообщаетъ важныя свѣдѣнія о нынѣшней Абиссиніи, въ которой по его показанію правилъ христіанскій царь. Онъ сообщаетъ самыя поучительныя свѣдѣнія о всѣхъ странахъ Азіи до сѣверной Сибири, гдѣ онъ описываетъ тунгузовъ и бурятъ у Байкала. Если въ его разсказахъ и попадаются нѣкоторыя невѣрности, то смѣло можно сказать неумышленныя, и притомъ-же несомнѣнно, что нѣкоторыя извѣстія его были впослѣдствіи искажены невѣжественными переписчиками.

По возвращеніи на родину, Марко Поло, участвуя въ одномъ изъ морскихъ сраженій между венеціанцами и генуэзцами, былъ схваченъ въ плѣнъ и заключенъ въ тюрьму въ

Генуѣ. Во время заключенія онъ диктовалъ описаніе своихъ путешествій заключенному съ нимъ пизанцу Рустижіело. Но долгое время это описаніе существовало въ рукописи, въ переводѣ на латинскомъ и французскомъ языкахъ, и только въ 1477 г. въ Нюрнбергѣ вышло печатное нѣмецкое изданіе, а въ 1496 г. въ Венеціи итальянскій подлинникъ.

Въ началѣ XIV стол. въ Италіи стали появляться карты въ родѣ морскихъ, но построенныя безъ надлежащаго расчета меридіональныхъ частей и по компасному меридіану. Такія карты, сопровождаемыя наставленіями для плаванія, назывались портуланами. Наиболѣе замѣчательна компасная карта (чер. 3)



19470

Чер. 3. Карта Каталана.

Каталана (1375 г.), на которой значатся уже Азорскіе о-ва и Азія въ томъ видѣ, какъ ее представляли себѣ по даннымъ Марко Поло. Въ Венеціи развилось рисованіе картъ съ особенною художественною отдѣлкою; въ этомъ дѣлѣ прославился особенно монахъ Фра-Мауро, котораго Mappemondo (1457 г.) сдѣлалась руководительницей для дальнихъ плаваній (чер. 4).

Плаванія португальцевъ и испанцевъ. Къ XV-му столѣтію итальянскіе города сходятъ со сцены географическихъ открытій и на ихъ мѣсто выступаютъ португальцы и испанцы.

Генрихъ Мореплаватель, сынъ португальскаго короля Іоанна I, положилъ основаніе всѣмъ дальнимъ плаваніямъ пор-

Чер. 4. Карта Фра-Мауро.

тугальцевъ, и начиная съ 1419 года они заселяютъ Азорскіе о-ва и Мадеру и, вдохновляемые своимъ принцемъ, отваживаются плыть вдоль Африки на югъ и знакомятся такимъ образомъ со всѣмъ западнымъ берегомъ Африки.

Это послѣднее было чрезвычайно важное пріобрѣтеніе для современниковъ, такъ какъ этимъ опровергнуты были многіе предразсудки относительно трудностей плаванія къ югу вдоль Африки. До этого плаванія португальцевъ выдающійся къ западу недалеко отъ Канарскихъ острововъ мысъ Африки,

Нонъ, считался самою южною границею возможнаго мореплаванія, и никто не отваживался идти за этотъ мысъ на югъ. Отсюда и названіе мыса — Non plus ultra. Повсюду распространена была сказка, что кто переступитъ этотъ мысъ, тотъ уже не вернется.

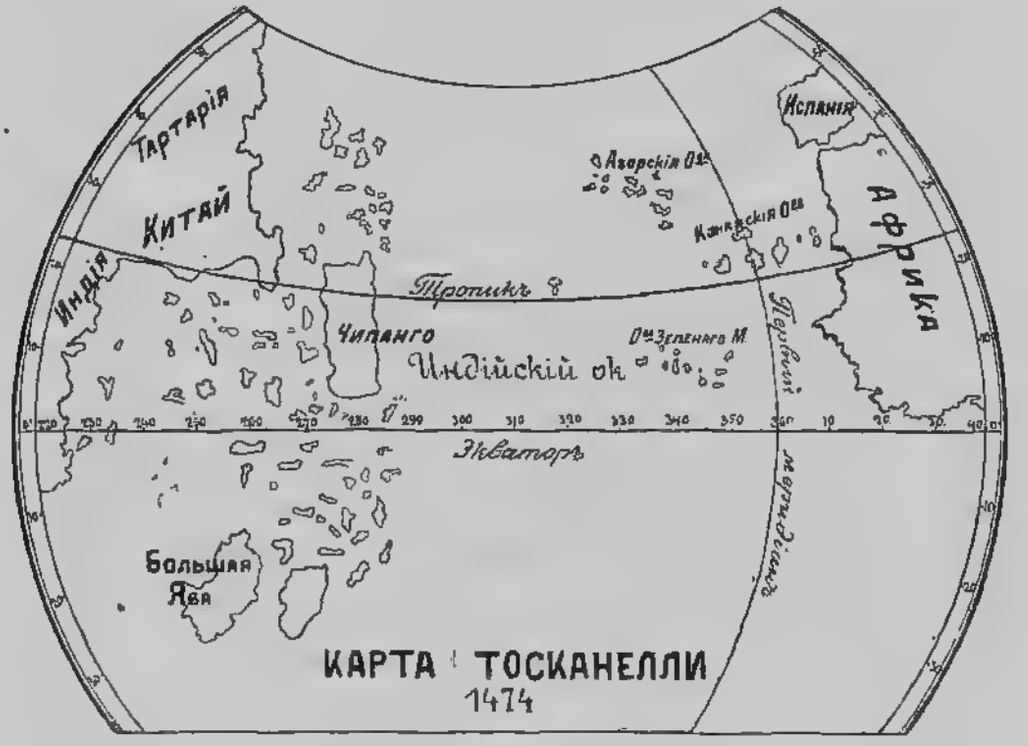
Новый періодъ. Въ настоящемъ краткомъ очеркѣ мы приблизились къ эпохѣ, когда крупныя географическія открытія быстро слѣдуютъ одно за другимъ, а нѣкоторыя совершаются одновременно, когда они не хранятся уже въ тайнѣ и не предаются забвенію, но становятся достояніемъ всего міра и вызываютъ его къ новой жизни — я говорю объ эпохѣ, которою начинается новая исторія человѣчества, объ эпохѣ открытія Новаго Свѣта.

Быстрые успѣхи физики и астрономіи въ концѣ XV столѣтія много способствовали развитію дальнихъ плаваній. Особенно важно было изобрѣтеніе Мартина Бегайма — приспособленіе угломѣрнаго инструмента, астролябіи, къ опредѣленію мѣста на морѣ. Всѣ великіе мореплаватели того времени, Колумбъ, Васко-де-Гама, Каботъ, Маггеланъ, осуществили свои открытія, благодаря изобрѣтенію морской астролябіи.

Открытіе мыса Доброй Надежды. Въ 1486 г. португальскій король Іоаннъ II отправляетъ Бартоломея Діаца съ двумя кораблями для изслѣдованія прибрежья Африки. Діацъ направился сначала къ Конго, а затѣмъ бурями былъ отнесенъ далеко отъ береговъ и когда перешелъ уже параллель 36° ю. ш., т. е. былъ южнѣе оконечности Африки, онъ поворотилъ на востокъ, а затѣмъ, не видя материка, на сѣверъ и здѣсь присталъ къ берегу въ заливѣ извѣстномъ теперь подъ названіемъ Моссельбая. Жители разбѣжались; тогда Діацъ пошелъ назадъ вдоль берега и на этомъ пути увидѣлъ замѣчательный южный берегъ Стараго Свѣта съ величественною Столовою горою. Когда онъ сообщилъ королю о своемъ открытіи, то король увидѣлъ въ этомъ надежду открыть вскорѣ морской путь въ Индію и поэтому назвалъ открытый Діацомъ мысъ — мысомъ

Доброй Надежды. Такимъ образомъ Бартоломей Діацъ первый обогнулъ Африку, а не Васко-де-Гама, которому часто это приписывали.

Въ это время уже Христофоръ Колумбъ хлопоталъ объ осуществленіи своего проекта достигнуть Индіи и Китая западнымъ путемъ. Будучи въ Исландіи, онъ слышалъ тамъ туманные разсказы о Винландѣ и думалъ, что это вѣроятно островъ Чипанго, о которомъ упоминаетъ Марко Поло въ своемъ описаніи Китая. Его убѣждалъ въ этомъ между прочимъ и глобусъ Бегайма, на которомъ Китай и Чипанго отдѣлены отъ Европы только узкою полосою океана; подобную же карту онъ получилъ и отъ знаменитаго Тосканелли при письмѣ и она была у него передъ глазами во время 1-го путешествія (чер. 5).



Чер. 5.

Проектъ Колумба, отвергнутый его соотечественниками, затѣмъ португальскимъ дворомъ и осмѣянный Саламанкскими мудрецами, былъ наконецъ принятъ подъ покровительство Фердинанда и Изабеллы испанскихъ.

Открытіе Вестъ-Индіи. 3-го августа 1492 г. Колумбъ выходитъ съ 3-мя судами (каравеллами) въ океанъ. 11-го октября на судахъ Колумба замѣтили первые признаки земли, какъ-то, зеленую вѣтку съ ягодами, шестъ съ рѣзьбою и доску. Ночью Колумбъ видѣлъ уже вдали огоньки, но не вѣрилъ себѣ. Наконецъ 12-го октября на переднемъ суднѣ матросъ Жуанъ Родригасъ первымъ закричалъ „земля“. Передъ судами лежала туманная, песчаная полоса земли. Это былъ островъ Гванагани, названный Колумбомъ Санъ-Сальвадоръ. Колумбъ вышелъ на берегъ и узналъ отъ жителей, что на югъ лежитъ много земель. 29-го октября онъ пошелъ на югъ, открылъ Кубу и Гаити. Одно изъ судовъ его отдѣлилось и открыло Ямайку, обитатели которой разсказывали, что въ десятидневномъ разстояніи отъ нихъ лежитъ земля, гдѣ жители одѣваются въ богатыя одежды и гдѣ много золота. Вотъ каковы были первыя свѣдѣнія о новыхъ земляхъ. Въ мартѣ 1493 г. Колумбъ возвратился въ Испанію, и тѣмъ закончилось первое и притомъ главное путешествіе Колумба; оно знакомитъ уже насъ съ пассатомъ, экваторіальнымъ теченіемъ, склоненіемъ компаса, моремъ Саргассы и проч.

Колумбъ назначенъ былъ вице-королемъ вновь открытыхъ земель и послѣ того еще три раза ходилъ въ Новый Свѣтъ и открылъ остальные острова Вестъ-Индскаго архипелага до Тринидада и доходилъ до Панамскаго перешейка, но все время думалъ, что онъ находится въ Азіи, у береговъ Китая или Чипанго.

Послѣдующая судьба Колумба слишкомъ хорошо извѣстна всѣмъ. Послѣ послѣдняго плаванія онъ вскорѣ умеръ (1506 г.), лишенный уже по интригамъ титула вице-короля.

Плаваніе Васко-де-Гамы въ Индію. Важныя открытія Колумба возбудили энтузіазмъ всѣхъ мореходныхъ народовъ, особенно португальцевъ, которые, желая предупредить испанцевъ въ завладѣніи Новымъ Свѣтомъ съ востока, снаряжаютъ въ 1497 г. экспедицію Васко-де-Гама въ Индію. Эта экспе-

диція расширила землевѣдѣніе на цѣлую четверть глобуса. Онъ обогнулъ мысъ Доброй Надежды, познакомился въ ближайшей къ нему мѣстности съ новыми племенами — готентотами и кафрами, дошелъ до Мозамбика и Момбазы, въ городахъ котораго, основанныхъ очевидно арабами, нашелъ хорошія зданія и рынки, торговавшіе съ Индіею, и затѣмъ отсюда перешелъ черезъ Индійскій океанъ и высадился въ Калькутѣ. Этимъ плаваніемъ Васко-де-Гама первый изъ европейцевъ открылъ прямой морской путь изъ Европы въ Индію и Китай, путь, бывшій долгое время завѣтною мечтою европейцевъ.

Открытіе Бразиліи и описаніе Америки. Послѣ возвращенія Васко-де-Гамы, въ 1499 г. отправляется въ плаваніе Кабрали, который открываетъ Бразилію и берегъ южной Америки въ 52° южной широты, т. е. вблизи уже Огненной земли. Здѣсь была суровая, холодная погода, берегъ негостепріимный, почему и не приставали къ нему, а вернулись назадъ.

Какъ въ этомъ плаваніи, такъ и въ другихъ того времени, совершавшихся въ Новый Свѣтъ, участвуетъ Америко Веспуччи, который и составилъ описаніе этихъ плаваній подъ названіемъ: „четыре плаванія“. Это было первое сочиненіе о Новомъ Свѣтѣ и потому оно было переведено на всѣ языки и съ жадностью всѣми читалось. Въ предисловіи къ латинскому переводу предложено было назвать Новый Свѣтъ Америкою; оно было многими принято, но испанцы продолжали называть его Вестъ-Индіею; только съ 1522 г., послѣ смерти Америко Веспуччи, его именемъ стали означать на картахъ описанную имъ страну, а потомъ и весь материкъ стали называть Америкою.

Плаванія въ Новый Свѣтъ стали учащаться, то за поисками золота, то для открытія новыхъ земель. Въ 1513 году Бальбоа первый переходитъ черезъ Панамскій перешеекъ къ берегу Великаго океана и потому, что увидѣлъ его въ южномъ направленіи, назвалъ его Южнымъ моремъ, названіе, которое и понынѣ сохранилось у нѣмцевъ (Südsee). Послѣ этого стали

знакомиться съ западнымъ берегомъ Америки, къ сѣверу и къ югу отъ Панамскаго перешейка. Но представленіе о положеніи новаго материка было далеко еще не вѣрно.

Первое кругосвѣтное путешествіе. Разъясняется этотъ материкъ преимущественно съ тѣхъ поръ, какъ португалецъ Фернандо Магелланъ, состоявшій на службѣ у испанцевъ, совершилъ первое путешествіе вокругъ свѣта.

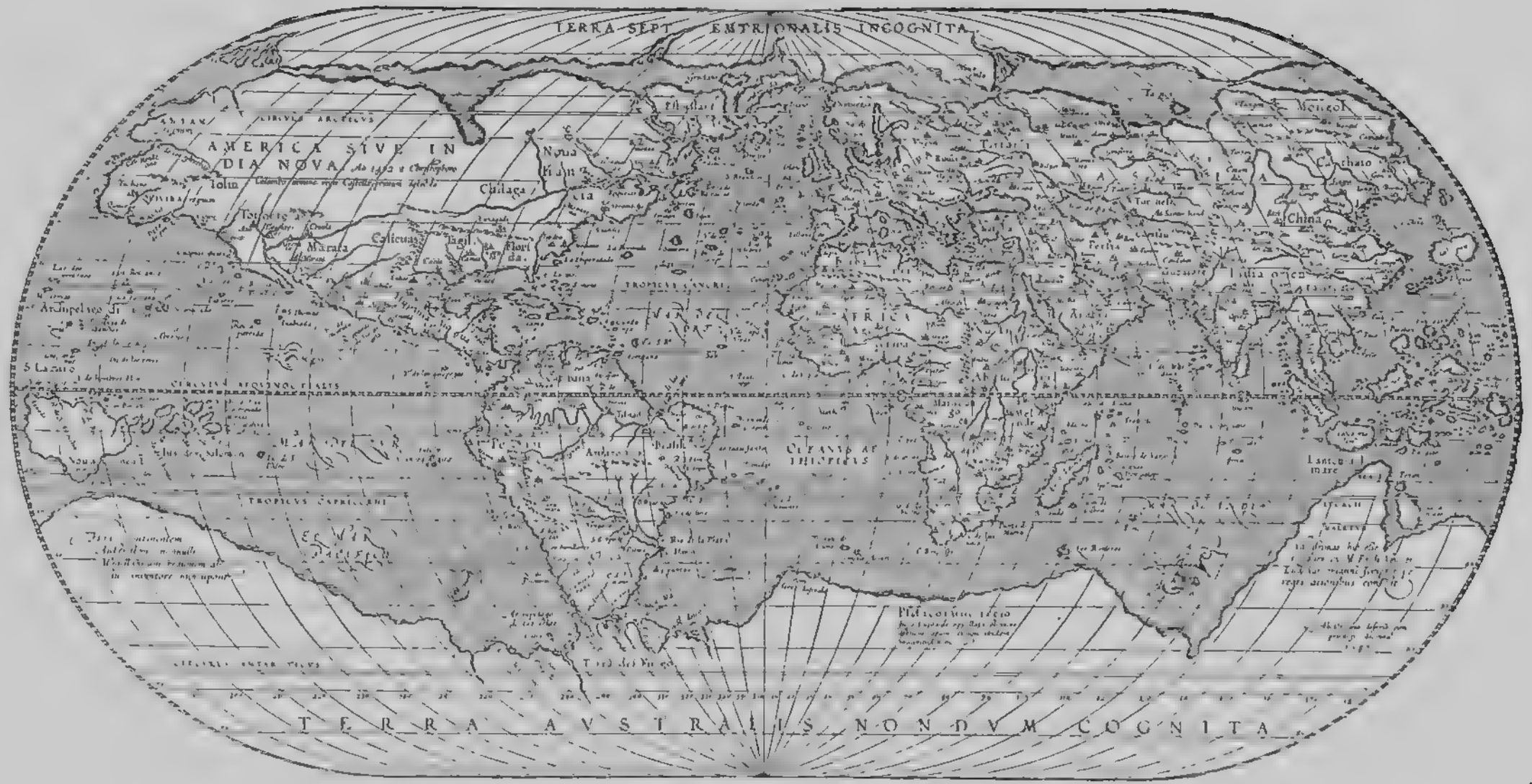
Въ 1519 г. онъ вышелъ изъ Европы, въ составѣ 5 судовъ, прямо къ югу Америки и объѣхалъ эту часть свѣта черезъ проливъ, названный въ честь его Магеллановымъ проливомъ.

Плаваніе по проливу было весьма затруднительно по причинѣ множества подводныхъ скалъ, частыхъ шкваловъ и тумановъ; на лѣвомъ берегу видѣли много огней, почему и назвали эту землю Огненной. Выйдя въ океанъ, Магелланъ былъ пріятно пораженъ сравнительно хорошею погодою и потому назвалъ его Тихимъ океаномъ. Въ дальнѣйшемъ онъ прошелъ случайно между множествомъ острововъ, не видѣвъ почти ни одного изъ нихъ, достигъ сначала Маріанскихъ, а затѣмъ и Филиппинскихъ острововъ, именно острова Цебу, гдѣ жители приняли его очень хорошо и согласились даже принять христіанскую вѣру. Въ благодарность за такой пріемъ Магелланъ сталъ помогать жителямъ Цебу въ борьбѣ ихъ съ жителями острова Матаму и въ одной изъ схватокъ былъ убитъ.

На обратномъ пути эскадра Магеллана прошла южнѣе острова Явы къ мысу Доброй Надежды и въ октябрѣ 1522 г. возвратилась въ отечество, привезя извѣстія о первомъ удавшемся кругосвѣтномъ плаваніи. Король испанскій щедро наградилъ вернувшихся, а начальнику Делькано далъ гербъ, на которомъ былъ изображенъ глобусъ и латинская надпись: „Первый ты обошелъ кругомъ свѣта“.

Къ концу XVI стол. географическія свѣдѣнія быстро расширяются, какъ это можно судить по картѣ всего свѣта 1587 г. (чер. 6), составленной однимъ изъ знатоковъ того времени, Ортеліусомъ, подъ заглавіемъ „Typus orbis terrarum“.

Typus orbis terrarum.



Чер. 6. Карта всего свѣта по Ортелиусу.

Открытіе Австраліи. Южный материкъ, названный Австраліею или Новою Голландіею, былъ открытъ по частямъ въ разное время, начиная съ половины XVI столѣтія, когда на картахъ уже стали обозначать западный берегъ, подъ названіемъ Великой Явы, какъ часть австралійской земли, которая по мнѣнію тогдашнихъ ученыхъ окружала южный полюсъ земного шара. Въ XVII столѣтіи начинаются вновь открытія прибрежій Австраліи, преимущественно голландцами, а въ 1770 г. они заканчиваются открытіемъ Кука восточнаго берега Австраліи. Этимъ открытіемъ окончательно обрисовывается Южный Свѣтъ и заканчивается періодъ главнѣйшихъ открытій, такъ какъ съ этимъ соединено уже полное понятіе о большей части земли; въ дальнѣйшемъ идутъ открытія многочисленныхъ острововъ Тихаго океана.

Послѣ Магеллана много было совершено кругосвѣтныхъ плаваній и открытій въ теченіе XVI, XVII и XVIII столѣтій, и всѣ онѣ обогащаютъ картографію земнаго шара, но всѣ извѣстныя области земли остаются въ научномъ отношеніи неизслѣдованными. Если въ путешествіяхъ и встрѣчаемъ упоминанія о тѣхъ или другихъ физическихъ явленіяхъ, то почти исключительно они носятъ описательный характеръ.

Только съ конца XVIII-го столѣтія, слѣдовательно, только 100 лѣтъ тому назадъ или немногимъ болѣе, начинаются научныя изслѣдованія въ области физической географіи. Явленія не только описываются, но и измѣряются инструментами, выясняется поэтому мало по малу количественная зависимость между явленіями и ихъ закономѣрность, и, такимъ образомъ, зарождается, говоря въ строгомъ смыслѣ, наука—физическая географія.

Кругосвѣтныя плаванія XVIII—XIX столѣтій и путешествія Гумбольдта. Кругосвѣтными плаваніями конца XVIII и начала XIX столѣтія и путешествіями Гумбольдта открывается періодъ, наиболѣе благотворный для землевѣдѣнія, который можно назвать новѣйшимъ періодомъ.

Кругосвѣтныя плаванія конца XVIII и первой половины XIX столѣтія совершаются большею частью при участіи ученыхъ, физиковъ и естествоиспытателей, благодаря которымъ получаются, можно сказать, первыя количественныя данныя по морской метеорологіи и океанографіи, а также впервые мы знакомимся съ геологическими и естественно-историческими условіями океанскихъ прибрежій. Главнѣйшія изъ такихъ плаваній:

Кука (1769—71 г. на „Endeavour“) съ астрономомъ Гриномъ и ботанниками С. и І. Бэнксами; его же (1772—75 г. на „Resolution“ и „Adventure“) съ натуралистами Р. и Г. Форстерами; его же (1776—80 г. на „Resolution“ и „Discovery“) съ астрономомъ Бели и натуралистомъ Андерсономъ; въ послѣднемъ плаваніи Кукъ былъ убитъ (1779 г.) и экспедиція была закончена подъ руководствомъ Клерка которымъ и были изданы труды этой экспедиціи. По богатству результатовъ плаванія Кука принадлежатъ къ самымъ замѣчательнымъ кругосвѣтнымъ плаваніямъ. Затѣмъ слѣдуетъ рядъ русскихъ кругосвѣтныхъ путешествій: Крузенштерна (1803—06 г. на „Надеждѣ“) съ астрономомъ Горнеромъ и натуралистомъ Тилезіусомъ; Коцебу (1815—18 г. на „Рюрикѣ“) съ натуралистами Шамиссо и Вормскіельдомъ; его же (1823—26 г. на шлюпѣ „Предпріятіе“) съ физикомъ Э. Ленцомъ, астрономомъ Прейсомъ и натуралистами Эшольцомъ и Гофманомъ; Литке (1826—29 г. на шлюпѣ „Сенявинъ“) съ натуралистомъ Постельсомъ. Здѣсь же отмѣтимъ и важное по своимъ открытіямъ антарктическое плаваніе Беллингсгаузена и Лазарева (1818—21 г. на судахъ „Востокъ“ и „Мирный“). Далѣе, заслуживаютъ упоминанія плаванія Бичи (1825—28 г. на „Blossom“), Дюмонъ Д'Юрвилля (1826—29 г. на „L'Astrolabe“ и 1837—40 г. на „L'Astrolabe“ и „La Zelée“) и Вендта (1830—32 г. на „Princess Louise“) съ ботаникомъ Мейеномъ. Наконецъ, особенно выдающіяся плаванія — Фицроя (1831—36 г. на „Beagle“) съ знаменитымъ Ч. Дарвиномъ, Дж. Кл. Росса (1839—43 г. на „Erebus“ и “Terror“)

съ ботаникомъ Гукеромъ и америк. Уилькса (1839—42 г. на „Porpoise“) съ геологомъ Дана [1]).

Гумбольдтъ, задавшись цѣлью составить физическое мірописаніе и сознавая всю шаткость тогдашнихъ свѣдѣній для такого грандіознаго предпріятія, отправляется въ 1799 г. въ путешествіе въ южную и центральную Америку и черезъ 5 лѣтъ привозитъ оттуда столь огромный матеріалъ по всѣмъ отраслямъ землевѣдѣнія, что эти путешествія справедливо названы вторымъ, научнымъ, открытіемъ Америки. Этотъ матеріалъ издавался въ теченіе 25 лѣтъ [2]) и составилъ 30 томовъ. Въ 1829 г. Гумбольдтъ путешествуетъ также съ научною цѣлью по Россіи и Западной Сибири. Труды Гумбольдта открыли передъ нами цѣлый рядъ вопросовъ, подлежащихъ изслѣдованію, и примѣръ его вызвалъ научное изслѣдованіе полярныхъ странъ, материка Австраліи, центральной Азіи и Африки, равно какъ и геологическія изслѣдованія земной коры.

Современникъ Гумбольдта и его другъ Бухъ даетъ сильный толчекъ развитію геологіи. Оба они вышли изъ школы Вернера, котораго геологи считаютъ основателемъ своей науки. Вернеръ, Бухъ и другіе считали измѣненія на земной поверхности внезапными и старались объяснить ихъ катастрофами, вслѣдствіе взрыва какихъ-то скрытыхъ силъ. Современное-же направленіе въ геологіи, дающее намъ представленіе о непрерывномъ и постепенномъ развитіи земли, возникаетъ лишь съ 30-хъ годовъ, съ появленіемъ въ свѣтъ сочиненій Ляйеля [3]), открывшихъ собою новѣйшую эпоху въ ряду геологическихъ знаній.

Идеи Гумбольдта повліяли и на развитіе метеорологіи. Онъ первый предложилъ и установилъ графическій пріемъ при изслѣдованіяхъ температуры воздуха (изотермы), положивъ такимъ образомъ основаніе сравнительной климатологіи. Труды же его по климатологіи приводятъ къ расширенію на материкахъ сѣти метеорологическихъ станцій, при чемъ для спеціальныхъ изслѣдованій въ области физическаго землевѣ-

дѣнія возникаютъ и обсерваторіи, которыхъ наблюденія въ связи съ корабельными наблюденіями даютъ возможность въ половинѣ нашего столѣтія германскому метеорологу Дове блистательно развить ученіе о распредѣленіи тепла на земномъ шарѣ. Послѣ Дове, на поприщѣ климатологіи за послѣдніе 30 лѣтъ особенно выдвигаются за границею Ханъ, а въ Россіи — Воейковъ, Вильдъ и Рыкачевъ. Другая часть метеорологіи — ученіе о погодѣ — зарождается лишь въ концѣ пятидесятыхъ годовъ XIX столѣтія и тогда-же начинаетъ примѣняться на практикѣ, благодаря трудамъ французскаго астронома Леверье и голландскаго метеоролога Бейсъ-Балло; теоретическое-же развитіе этой отрасли обязано особенно работамъ Ферреля, Мона, Гульдберга, Обербека, Ширунга и другихъ.

Морская метеорологія. Что касается морскихъ метеорологическихъ наблюденій, то хотя они и производились во многихъ случаяхъ на судахъ океанскаго плаванія, но до половины нашего столѣтія не было ни общаго плана, ни инструкцій для такихъ наблюденій и наконецъ самыя наблюденія оставались большею частью безъ надлежащей обработки. Необходимо было возбудить всеобщій интересъ къ такимъ наблюденіямъ и организовать все дѣло. Такимъ организаторомъ является въ 50-хъ годахъ американецъ Мори, лейтенантъ флота Соединенныхъ Штатовъ, впослѣдствіи директоръ Вашингтонской обсерваторіи. Онъ справедливо считается основателемъ физической географіи моря. Благодаря его картамъ морскихъ путей, указавшимъ на возможность извлеченія практическихъ выгодъ для мореплаванія изъ научныхъ изслѣдованій океановъ, Правительства Соединенныхъ Штатовъ и европейскихъ морскихъ державъ обратили вниманіе на организацію океанскихъ наблюденій на судахъ военнаго и коммерческаго флотовъ и по предложенію Мори собрали 1-ю морскую конференцію въ Брюсселѣ въ 1853 г. для выработки инструкцій и схемы наблюденій. Конференція постановила между прочимъ всѣ наблюденія препро-

вождать въ Вашингтонскую обсерваторію, гдѣ подъ руководствомъ Мори и должна была производиться обработка[4]). Междоусобная война, возникшая въ Соединенныхъ Штатахъ въ 1861 г., заставила Мори, какъ южанина, удалиться отъ общественныхъ дѣлъ, и тутъ-то сказалось неудобство организаціи, созданной Брюссельской конференціею, именно, что все дѣло морскихъ наблюденій было поставлено въ зависимость отъ дѣятельности и энергіи одного человѣка. Съ уходомъ Мори прекратилась и посылка наблюденій въ Вашингтонъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ капитаны коммерческихъ судовъ, не получая ни инструкцій, ни указаній, что дѣлать съ журналами наблюденій, мало по малу переставали заботиться о наблюденіяхъ. Дѣло продолжало развиваться только въ Англіи и Голландіи, гдѣ были учреждены — въ Лондонѣ Meteorological office, а въ Утрехтѣ Meteorologisch Instituut, съ отдѣлами морской метеорологіи, которые продолжали дѣло начатое Мори, но при этомъ практика показала необходимость отступать отъ инструкцій Брюссельской конференціи, чѣмъ и нарушалось однообразіе въ океанскихъ наблюденіяхъ. Чтобы возстановить это однообразіе и поддержать общій интересъ къ морскимъ наблюденіямъ, состоялась въ 1874 г. въ Лондонѣ 2-я морская конференція; она пришла къ заключенію о необходимости для успѣшнаго развитія морской метеорологіи устроить морскіе метеорологическіе отдѣлы или институты во всѣхъ государствахъ, заинтересованныхъ въ развитіи мореплаванія, и предоставить этимъ институтамъ самимъ заботиться объ изслѣдованіи какъ океановъ, такъ и морей, при чемъ для послѣднихъ, въ зависимости отъ мѣстныхъ потребностей, измѣнять инструкціи, общія основанія которой были переработаны вновь самой-же конференціею.

Изъ возникшихъ вслѣдъ за тѣмъ морскихъ метеорологическихъ учрежденій особенно заслуживаютъ здѣсь упоминанія Морская обсерваторія (Deutsche Seewarte) въ Гамбургѣ, основанная въ 1876 г.; за 20 лѣтъ своего существованія эта

обсерваторія успѣла уже составить лоціи для Атлантическаго (изд. 1882 г.), Индійскаго (изд. 1892 г.) и Тихаго (изд. 1895 г.) океановъ, лоціи, въ которыхъ значительное мѣсто отведено вопросамъ гидрологіи моря и морской метеорологіи и выводамъ изъ наблюденій, произведенныхъ какъ на судахъ коммерческихъ и военныхъ, во время обычнаго ихъ плаванія, такъ и въ спеціальныхъ морскихъ ученыхъ экспедиціяхъ. Но весь богатый матеріалъ по гидрологіи, вошедшій въ означенныя лоціи, собранъ преимущественно за послѣдніе 30 лѣтъ.

Развитіе гидрологіи моря. Въ первой половинѣ XIX столѣтія гидрологія моря была, такъ сказать, въ зачаточномъ состояніи. Древняя ученость немного внесла въ эту область. Значительная часть явленій, конечно, не ускользнула отъ пытливаго ума древнихъ, но лишь немногія изъ этихъ явленій основывались на тщательныхъ наблюденіяхъ и получили правильное освѣщеніе. Уже Аристотель, а затѣмъ Плиній и Посидоній, говорятъ о глубинѣ Средиземнаго моря и приводятъ даже цифры, которыя, хотя теперь и не оказываются неподходящими (6—9 т. ф.), но все же сомнительно, чтобы эти цифры были получены измѣреніемъ, а не являлись бы простымъ предположеніемъ, подобнымъ тому, какое тогда же высказывалось бездоказательно, что на параллели о-ва Родосъ въ Средиземномъ морѣ находится большая впадина, а въ Азіи высокій горный хребетъ, составляющій продолженіе Тавра. Болѣе обосновано было мнѣніе Аристотеля о засореніи Азовскаго моря; въ доказательство этого онъ приводилъ, что за 60 лѣтъ до него туда могли проникать корабли съ болѣе глубокою осадкою, чѣмъ въ его время.—Въ вопросѣ о солености и температурѣ морей, хотя опредѣленій ея не дѣлалось, тѣмъ не менѣе нѣкоторые относительные выводы заслуживаютъ вниманія. Такъ, Страбонъ говоритъ, что соленость Чернаго моря меньше солености Средиземнаго моря и Атлантическаго океана и меньше потому, что Черное море имѣетъ сравнительно большій притокъ прѣсныхъ водъ; по его мнѣнію, Черное море, будучи въ началѣ

замкнутымъ бассейномъ, прорвалось нѣкогда и образовало Босфоръ и Дарданельскій проливъ.—Также, Страбонъ указываетъ, что близость моря умѣряетъ климатъ, и этимъ косвенно выводитъ, что вода Средиземнаго моря сравнительно съ воздухомъ надъ нимъ теплѣе зимою и холоднѣе лѣтомъ. Явленіе приливовъ и отливовъ было извѣстно уже финикіанамъ и ими же замѣчена связь съ луною, но первыя измѣренія сдѣланы Пиѳеасомъ въ р. Севернѣ, во время его путешествія въ сѣверныя моря; однако данная имъ высота (118 ф.) вдвое болѣе извѣстной нынѣ тамъ наибольшей высоты. Поссидоній наблюдалъ тѣ же явленія на Атлантическомъ берегу Испаніи и открылъ, кромѣ суточнаго, полумѣсячный періодъ, въ зависимости отъ фазъ луны, но объясненія, почему луна производитъ приливъ, нигдѣ у древнихъ не находимъ. Наконецъ по вопросу о теченіяхъ имѣются только указанія о теченіяхъ въ проливахъ.

Вотъ главнѣйшія свѣдѣнія, которыя остались намъ отъ древнихъ по вопросамъ спеціально океанографіи. Въ средневѣковой періодъ исторіи, когда почти всѣ знанія по естественнымъ наукамъ заимствовались у Аристотеля и Птоломея и когда считалось даже ересью высказывать мнѣнія противорѣчащія взглядамъ этихъ ученыхъ, конечно, ничего не могло прибавиться и въ области гидрологіи; заслуживаетъ упоминанія только изслѣдованія араба Масуди (IX столѣтіе). Онъ произвелъ опытъ, на основаніи котораго пришелъ къ заключенію, что поверхность моря испаряетъ только чистую воду безъ солей (это первый примѣръ опытныхъ данныхъ), а затѣмъ онъ первый высказалъ мысль, имѣющую сторонниковъ и въ настоящее время, что причину солености моря составляютъ рѣки, которыя приносятъ соли, растворяемыя ими въ землѣ.

Переходя затѣмъ къ результатамъ новаго періода, нельзя прежде всего не замѣтить, что только тѣ вопросы, рѣшеніе которыхъ зависитъ отъ успѣховъ математики и механики, развивались довольно быстро. Такъ, уже съ открытіемъ Ньютономъ законовъ всемірнаго тяготѣнія, онъ-же первый даетъ научное

объясненіе приливнымъ явленіямъ и этимъ создаетъ основы для послѣдующихъ теорій приливовъ. Теорія Ньютона — теорія статическаго равновѣсія водъ, развитая въ 1738 г. Д. Бернулли, извѣстна, подъ именемъ теоріи равновѣсія. Къ концу-же XVIII столѣтія Лапласъ даетъ динамическую теорію приливовъ и отливовъ, а въ первой половинѣ XIX столѣтія Эри предлагаетъ волнообразную теорію — теорію наиболѣе удовлетворительно объясняющую многія приливныя особенности у береговъ и въ устьяхъ рѣкъ. Правильныя наблюденія надъ приливами впервые начинаются въ Брестѣ уже въ началѣ XVIII столѣтія, но надлежащая обработка приливныхъ наблюденій стала примѣняться только съ 1872 года, съ приложеніемъ къ такой обработкѣ, согласно предложенію физика Томсона (Кельвина), гармоническаго анализа и благодаря трудамъ математика Дж. Дарвина и проф. Бергена.

Ньютономъ-же дана была и первая теорія морскихъ волнъ, но эта теорія относилась только къ частному случаю — къ такъ называемымъ стоящимъ волнамъ. Анализъ и механика во время Ньютона были еще недостаточно развиты, чтобы столь сложный вопросъ, какъ волны, могъ быть имъ вполнѣ рѣшенъ. Первое аналитическое рѣшеніе вопроса о волнахъ пытаются представить Лапласъ и Лагранжъ. Въ началѣ нашего столѣтія Герстнеръ кладетъ основаніе трохоидальной теоріи волнъ, а братья Веберъ первые даютъ выводы о волнахъ экспериментальнымъ путемъ. Затѣмъ на поприщѣ теоретическихъ изслѣдованій о волнахъ особенно замѣчательны работы Коши, Эри и Бусинеска, тогда какъ въ опытныхъ изслѣдованіяхъ главное мѣсто занимаютъ Стоксъ, Россель, Фрудъ и Ранкинъ.

Главныя океанскія теченія, какъ экваторіальное, флоридское и т. д. стали извѣстны съ эпохи великихъ географическихъ открытій, и Кирхеръ (1678 г.) даетъ уже первую карту океанскихъ теченій, однако въ ней еще находитъ себѣ обширное мѣсто и фантазія автора, и только въ концѣ XVIII столѣтія Реннель первый занялся систематическою обработкою наблю-

деній въ этомъ отношеніи. Его примѣру слѣдуетъ Берхгаузъ издавшій въ 1840 г. физическій атласъ съ картами теченій въ Атлантическомъ, Тихомъ и Индійскомъ океанахъ. Что касается теоріи теченій, то уже въ половинѣ XVII стол. знаменитый географъ Вареній въ своемъ землеописаніи указываетъ на зависимость теченій отъ господствующихъ вѣтровъ, но теорія теченій, цѣльная, которая удовлетворяла-бы всѣмъ требованіямъ, и по настоящее время не создана. На этомъ поприщѣ наиболѣе выдаются труды Франклина въ концѣ прошлаго столѣтія и Цеприца, — давшаго въ 1878 г. математическую основу для вѣтровой теоріи теченій.

Относительно солености океановъ Вареній (1672 г.) первый указываетъ, что соленость должна уменьшаться отъ тропиковъ къ высшимъ широтамъ, вслѣдствіе уменьшенія испаренія и увеличенія притока рѣчныхъ водъ, но первыя надежныя наблюденія принадлежатъ Горнеру, а Ленцъ изъ своихъ наблюденій во 2-мъ плаваніи съ Коцебу даетъ уже намъ распредѣленіе солености въ океанахъ и основательно указываетъ причины такого распредѣленія; наблюденія Ленца не многочисленны, и потому на его выводы можно было лишь смотрѣть, какъ на первое приближеніе.

Изслѣдованія температуръ океанскихъ водъ, хотя и производились въ прошломъ столѣтіи, но исключительно ограничивались поверхностными слоями; наблюденія-же глубинныхъ температуръ лишь пробовали производить въ XVIII столѣтіи Марсильи и Соссюръ въ Средиземномъ морѣ, а капит. Эллісъ въ сѣв. Атлантическомъ океанѣ до глубинъ около 600 саж., но болѣе систематическія наблюденія вводятся Горнеромъ въ плаваніи съ Крузенштерномъ. Однако глубинныя термометрическія наблюденія того времени далеко были неточны, вслѣдствіе незащищенности шарика термометра отъ огромнаго давленія на глубинахъ. Одному только Ленцу удалось батометрическимъ способомъ вѣрно измѣрить въ Атлантическомъ океанѣ, въ тропикахъ, температуру на глубинѣ около 2 верстъ, и обнаружить

на этой глубинѣ холодъ, мало отличающійся отъ полярнаго. Но эти единственныя точныя наблюденія почти не повліяли на тогдашнія, невѣрныя, представленія о термическихъ свойствахъ океанскихъ глубинъ. Эти представленія, установленныя Дж. Россомъ послѣ его полярнаго путешествія 1839—43 гг., сводились къ тому, что на глубинѣ океанъ имѣетъ нормальную температуру + 4° Ц., которая въ шир. 55—57° господствуетъ отъ поверхности до дна, а въ тропикахъ и въ полярныхъ широтахъ лишь съ извѣстной глубины до дна, такъ что, согласно такому взгляду, температура въ полярныхъ странахъ должна бы съ глубиною повышаться до + 4° Ц., а въ тропикахъ понижаться до того же градуса. Въ основу такого представленія была положена мысль, что для морской воды + 4° Ц. есть температура наибольшей плотности. Замѣчательно, что эта мысль находила себѣ сторонниковъ даже до семидесятыхъ годовъ, не смотря на имѣвшіеся уже на лице опыты Эрмана, Ленца, Депрэ и др. относительно разницы въ термическихъ свойствахъ морской и прѣсной воды.

Химическій анализъ морскихъ водъ сталъ производиться съ нѣкоторымъ успѣхомъ лишь въ началѣ XIX столѣтія (Меррей, Марсэ, Волластонъ и т. д.), но только въ шестидесятыхъ годахъ Форхгаммеръ установилъ количественный и качественный составъ солей въ океанской водѣ и указалъ на постоянство въ ней отношенія хлора къ остальнымъ галоидамъ. Наконецъ, фаунистическія изслѣдованія въ моряхъ первый ввелъ датскій естествоиспытатель Мюллеръ, въ половинѣ XVIII столѣтія, но его изслѣдованія ограничивались малыми глубинами (около 30 саж.); первый же живой экземпляръ съ большой глубины (1070 саж.) былъ поднятъ Россомъ въ 1818 г. въ Баффиновомъ заливѣ, но на это не было обращено должнаго вниманія. Форбесъ, изучавшій въ сороковыхъ годахъ вертикальное распредѣленіе организмовъ въ Эгейскомъ морѣ, пришелъ къ заключенію, что тамъ жизнь прекращается уже на глубинѣ 300 саж., а Карпентеръ еще въ концѣ шестидесятыхъ годовъ

считалъ это заключеніе правильнымъ и для всего Средиземнаго моря.

О состояніи нашихъ знаній по гидрологіи моря въ половинѣ XIX столѣтія наглядное представленіе отчасти даетъ физическій атласъ Джонстона (изд. 1849 г.), составленный по атласу Берхгауза. Въ атласѣ Джонстона изъ гидрологическихъ элементовъ представлены лишь среднія температуры поверхности океановъ и теченія, но и послѣднія большею частью въ видѣ отдѣльныхъ потоковъ, несвязанныхъ общимъ круговоротомъ, какъ это мы теперь себѣ представляемъ. Изъ глубинъ въ атласѣ приведено нѣсколько глубинъ вблизи прибрежій Атлантическаго океана, не превышающихъ вообще 300 саж., и только у Юкатана (Караибское море) показана глубина 1000 саж. Затѣмъ нѣсколько глубинъ дано въ западной части Средиземнаго моря, между которыми наибольшая 980 саж. показана у Гибралтара, и наконецъ для Чернаго моря даны двѣ глубины—у Крыма 548 саж. и у Кавказа 420 саж. Вотъ и всѣ данныя о рельефѣ дна океановъ и глубокихъ морей.

Вообще, попытки ученыхъ первой половины нашего столѣтія проникнуть въ тайны морскихъ пучинъ оставались большею частью безуспѣшными за отсутствіемъ надлежащихъ приборовъ. Какова глубина океановъ, и есть-ли на глубинахъ жизнь, и каковы условія этой жизни,—объ этомъ въ 1-ой половинѣ нашего столѣтія не имѣли никакого представленія. Дѣлались разныя догадки и предположенія, но они большею частью оказались впослѣдствіи слишкомъ далекими отъ дѣйствительности. Мы были еще не подготовлены технически къ глубоководнымъ измѣреніямъ, нужно было изобрѣтать еще особые приборы и выработать пріемы для такихъ измѣреній,—измѣреній, совершенно отличныхъ отъ тѣхъ, которыя дѣлались на поверхности земли или въ ближайшихъ къ ней легко доступныхъ слояхъ. И въ этомъ дѣлѣ первый толчекъ даетъ знаменитый Мори.

Онъ возбуждаетъ въ средѣ офицеровъ американскаго флота интересъ къ океанскимъ промѣрамъ, и его помощнику Бруку мы

обязаны первымъ удачнымъ приспособленіемъ диплота къ измѣренію большихъ глубинъ. Въ это же время проектъ устройства подводнаго телеграфнаго сообщенія между Старымъ и Новымъ Свѣтомъ заставляетъ обратиться къ подробному изученію дна океановъ; при этомъ случаѣ производятся и другія физико-географическія изслѣдованія и снова зарождается вопросъ объ обитаемости дна океановъ.

Однако всѣ тогдашнія усилія были главнымъ образомъ направлены все еще къ достиженію точности и удобствъ въ океанскихъ промѣрахъ, физическія же изслѣдованія оставались на второмъ планѣ; но въ 1861 г., съ началомъ междоусобной американской войны, и производство промѣра въ океанахъ пріостанавливается. Къ этому времени наши познанія о рельефѣ дна океановъ ограничиваются почти исключительно данными, добытыми американцами и англичанами въ Атлантическомъ океанѣ и даже преимущественно въ сѣверной его части, между Ирландіей и Сѣв.-Америк. Штатами; въ Тихомъ океанѣ извѣстно было лишь нѣсколько глубинъ, изъ которыхъ наибольшая считалась въ сѣв.-восточной части (не болѣе $2^1/_2$ тыс. саж.), въ Индійскомъ же океанѣ познакомились лишь нѣсколько съ глубинами Аравійскаго моря. Изъ глубокихъ морей болѣе извѣстными по глубинамъ были Средиземное море и Мексиканскій заливъ. Возобновленіе гидрологическихъ изслѣдованій послѣдовало въ 1868 г., и приэтомъ задачи ихъ расширились; они не стали ограничиваться однимъ промѣромъ и опредѣленіемъ физическихъ свойствъ воды, но включили и химію и біологію морскихъ глубинъ, почему это время можно считать началомъ новѣйшей эпохи въ гидрологіи — эпохи глубоководныхъ открытій. Эта эпоха начинается изслѣдованіями профессоровъ Уайвилль Томсона и Карпентера въ европейскихъ водахъ и Пурталеса и Митчеля въ американскихъ.

Въ началѣ 50-хъ годовъ норвежскій біологъ Сарсъ обнародовалъ рядъ замѣчательныхъ наблюденій относительно жизни на днѣ Сѣвернаго моря, на глубинахъ болѣе 300 саж., а въ

1862 г. Уолишъ (Wallich), на основаніи своихъ наблюденій на промѣрномъ суднѣ „Bulldog“ въ Сѣв. Атлантическомъ океанѣ указалъ на возможность жизни на глубинахъ болѣе 1200 саж. Все это обратило вниманіе англійскихъ ученыхъ У. Томсона (Wyville Thomson) и д-ра Карпентера и побудило ихъ испросить у Правительства судно для подобныхъ же наблюденій. Въ 1868 г. они изслѣдуютъ на канонеркѣ „Lightning“ глубинныя воды, окружающія Гебридскіе и Ферэрскіе острова, а въ 1869—70 гг. они-же, и при участіи Джефрейса, на промѣрномъ суднѣ „Porcupine“ занимаются глубоководными изслѣдованіями во всей части Атлантическаго океана, прилегающей къ Великобританіи и Пиринейскому полуострову, а также въ Гибралтарскомъ проливѣ, и въ Средиземномъ морѣ до Мальты и Сициліи. Результаты, добытые этими экспедиціями по біологіи моря, доказавшіе жизнь до самаго дна, на столько были неожиданные, что среди ученыхъ возбудился живѣйшій интересъ къ глубоководнымъ изслѣдованіямъ морей, при чемъ стали изобрѣтаться и совершенствоваться приборы для такихъ изслѣдованій.

Въ 1869 г. основана въ Килѣ комиссія для изслѣдованія нѣмецкихъ морей по иниціативѣ д-ра Мейера, въ составѣ профессоровъ Мебіуса, Карстена, Якобсена и Гензена; уже съ 1871 г. коммиссія начинаетъ свои работы изслѣдованіемъ на „Pommerania“ южной части Балтійскаго моря, а въ 1872 г. Нѣмецкаго моря, причемъ химическія изслѣдованія д-ра Якобсена становятся руководящими для всѣхъ послѣдующихъ работъ этого рода, благодаря въ особенности его опредѣленіямъ количества газовъ, заключенныхъ въ глубинныхъ водахъ.

Въ 1872 г. въ Англіи снаряжается корветъ „Challenger“ и во всеоружіи массы научныхъ приборовъ, подъ командою капитана Нэрса (Nares) до 1875 г., а затѣмъ Ф. Томсона, и при участіи извѣстныхъ ученыхъ, среди которыхъ отмѣтимъ У. Томсона, Бэканана (Buchanan) и Мёррея (Murray),

отправляется на 3 года спеціально для океанскихъ глубоководныхъ изслѣдованій. Плаваніемъ „Challenger'a“ собственно и открывается новѣйшая эпоха океанскихъ открытій, — открытій, въ которыхъ начинаютъ соперничать всѣ образованныя морскія государства, и которыя производятъ огромный переворотъ въ нашихъ представленіяхъ о жизни земного шара не только настоящей, но и давно минувшихъ временъ. Почти одновременно съ экспедиціею „Challenger'a“ американцы изслѣдовали на „Tuscaror'ѣ“ сѣверную часть Тихаго океана, а судно германскаго флота „Gazelle“, подъ командою фонъ-Шлейница и при участіи профессоровъ Бергена и Студера, пользуясь случаемъ посылки его на Кергеленскіе острова, производитъ по пути туда и обратно рядъ весьма цѣнныхъ наблюденій, частью дополнившихъ изслѣдованія „Challenger'a“, а частью доставившихъ новыя данныя относительно неизслѣдованныхъ частей Тихаго и особенно Индійскаго океановъ. Результаты экспедицій „Challenger'a,“ а частью и „Gazelle“ дали возможность сдѣлать столько важныхъ обобщеній въ области физики, химіи и біологіи океановъ, что ими было положено уже прочное основаніе этимъ отдѣламъ гидрологіи. Послѣ того почти ежегодно производятся въ океанахъ болѣе или менѣе обширныя изслѣдованія судами различныхъ націй, доставляющія намъ не мало цѣнныхъ подробностей по тѣмъ или инымъ вопросамъ, рѣшеніе которыхъ въ главныхъ чертахъ намѣтилось уже вышеупомянутыми экспедиціями. Полный списокъ всѣхъ глубоводныхъ изслѣдованій съ 1868 г. по 1900 г. представленъ ниже (см. литер. указатель), здѣсь же мы только укажемъ на слѣдующія спеціальныя экспедиціи въ отдѣльныхъ моряхъ: норвежцы на суднѣ „Vöringen“ изслѣдовали подъ руководствомъ Мона Сѣверное Европейское море; американцы на судахъ „Bache“ и „Blake“ подъ руководствомъ „Coast and Geodetic Survey“ Соединенныхъ Штатовъ — Мексиканскій заливъ и Карибское море; французы на „Talisman'ѣ“ и „Travailleur'ѣ“ подъ руководствомъ Мильнъ Эдвардса — Бискайское море и воды

вдоль прибрежья Пиринейскаго полуострова, Марокко, Мадеры, Канарскихъ и Зеленыхъ острововъ и въ Саргассовомъ морѣ; итальянцы при участіи зоолога Чиліоли на „Washington'ѣ“ — море около Сардиніи; Гидрографическое управленіе германскаго Адмиралтейства на „Drache“ въ 1885 г. — Нѣмецкое море; австрійцы подъ руководствомъ Адріатической комиссіи съ участіемъ Люкша и Вольфа — Адріатическое и Іоническое моря на судахъ „Nautilus“, „Deli“, „Hertha“ и „Pelagosa“, въ 1874—80 г. и на суднѣ „Pola“ въ 1890—93 гг. подъ руководствомъ Вѣнской Академіи Наукъ и въ составѣ профессоровъ Гроббена, Маренцеллера, Люкша и Наттерера — восточную часть Средиземнаго моря, а въ 1896—97 гг. Красное море, и наконецъ русскія экспедиціи при участіи полковника Шпиндлера, барона Врангеля, химика Лебединцова, зоолога Остроумова и геолога Андрусова на канонерскихъ лодкахъ „Черноморецъ“, „Донецъ“ и „Запорожецъ“ въ 1890—91 гг. изслѣдовали Черное и Азовское моря, и въ 1894 г. на турецкомъ суднѣ „Селяникъ“ — Мраморное море. Послѣднее было изслѣдовано также въ 1894 г. и химикомъ Наттереромъ на австрійскомъ суднѣ „Taurus“.

Благодаря вышеупомянутымъ экспедиціямъ мы познакомились съ жизнью и физико-химическими свойствами большихъ морскихъ глубинъ; воды въ этихъ глубинахъ мало подвижны и почти не мѣняютъ своихъ свойствъ, такъ что достаточное знакомство съ ними пріобрѣтается даже изъ немногихъ случайныхъ наблюденій. Другое дѣло близъповерхностный слой, слой глубиною до 200—300 саж.; это слой самой оживленной циркуляціи водъ въ различныхъ направленіяхъ, слой мѣняющій свои свойства не только въ пространствѣ, но и во времени, почему для изученія этого слоя слѣдуетъ примѣнять нѣсколько иной методъ, чѣмъ при глубоководныхъ изслѣдованіяхъ. Исходя изъ такихъ соображеній проф. Стокгольмскаго университета Петтерссонъ предложилъ въ 1895 г. синоптическій методъ изслѣдованія близъповерхностныхъ глубинъ, состоящій въ си-

стематическихъ одновременныхъ наблюденіяхъ на этихъ глубинахъ въ различныхъ мѣстахъ нѣсколькихъ сосѣднихъ морей. Изъ такихъ одновременныхъ наблюденій въ разное время года и въ разные года, по мнѣнію Петтерссона, могутъ, не только выясниться условія жизни и движенія водъ въ морскихъ бассейнахъ, но, быть можетъ, удастся добыть и новыя данныя для предсказанія погоды. Идея Петтерссона встрѣтила сочувствіе въ средѣ гидро-біологовъ и въ 1899 г. была созвана международная конференція для организаціи синоптическихъ наблюденій въ сѣверныхъ моряхъ. Въ конференціи [5]) приняли участіе Германія, Данія, Англія, Норвегія, Швеція, Нидерланды и Россія. Согласно постановленію конференціи наблюденія должны начаться въ 1901 г., и должны быть производимы 4 раза въ годъ въ опредѣленные сроки и на однихъ и тѣхъ же приблизительно мѣстахъ въ Балтійскомъ, Нѣмецкомъ, С. Атлантическомъ и С. Ледовитомъ океанахъ.

Чтобы закончить историческую часть намъ остается еще дать краткій обзоръ полярныхъ экспедицій отъ XVI до XX столѣтія; эти экспедиціи, хотя и не составляютъ особой эпохи въ дѣлѣ океанскихъ изслѣдованій, но онѣ все же расширили нашъ географическій кругозоръ и доставили данныя о такихъ явленіяхъ, которые составляютъ исключительную принадлежность полярныхъ странъ.

Полярныя экспедиціи. Къ полярнымъ открытіямъ въ сѣверномъ полушаріи побудило главнымъ образомъ желаніе найти сѣверный проходъ въ Китай. Послѣ открытія Америки установилось мнѣніе, между прочимъ, что Атлантическій океанъ соединяется на сѣверѣ съ Тихимъ посредствомъ каналовъ, огибающихъ сѣверъ Америки и Европы — Азіи, т. е. что существуютъ проходы въ Китай — сѣверо-восточный и сѣверо-западный. Такъ какъ эти пути несомнѣнно короче, чѣмъ путь вокругъ мыса Доброй Надежды, или вокругъ мыса Горна, то ради торговыхъ цѣлей и стали добиваться пройти тѣмъ и другимъ путемъ въ Китай. (Кар. I).

Изслѣдованія сѣверо-восточнаго прохода. Плаванія для отысканія сѣверо-восточнаго прохода начинаются уже въ XVI столѣтіи, а именно, въ 1553 г. отправляются изъ Англіи на 3-хъ судахъ Виллоуби и Ченслеръ; они обогнули Нордкапъ, и Ченслеръ случайно попалъ въ Бѣлое море, въ Архангельскъ, откуда ѣздилъ въ Москву къ Іоанну Грозному, и съ тѣхъ поръ завязываются у насъ торговыя сношенія съ Англіею. Судно-же Виллоуби пристало къ Лапландскому берегу, гдѣ ихъ застигла суровая зима и весь экипажъ погибъ отъ голода и болѣзни.

Въ 1556 г. англичанинъ Бёрроу (Burrough) проходитъ еще далѣе, до южной оконечности Новой Земли и Вайгача. Русскіе уже раньше знали эти земли, — они ходили туда на охоту, и самое названіе Новой Земли принадлежитъ русскимъ. Но Бёрроу безспорно былъ первый изъ западныхъ европейцевъ, вступившій на Новую Землю. Попытка Бёрроу проникнуть въ Карское море не имѣла успѣха изъ-за массы льда у входа. Попытки англичанъ въ этомъ-же родѣ дѣлались и въ XVII столѣтіи, но были тоже неудачны.

Этимъ въ сущности и заканчивается роль англичанъ въ отысканіи сѣверо-восточнаго прохода. На ихъ мѣсто выступаютъ голландцы. Въ послѣднее десятилѣтіе XVI-го вѣка они открываютъ Медвѣжій островъ и Шпицбергенъ и проходятъ въ Карское море, но изъ-за льдовъ не рѣшаются идти далѣе на востокъ. Наибольшею рѣшительностію и отвагою среди голландцевъ отличается экспедиція В. Баренцса въ 1596 г. Это было 1-ое настоящее арктическое плаваніе, впервые давшее намъ понятіе о всѣхъ ужасахъ арктической зимы. Пробиваясь къ сѣверу, по западной сторонѣ Новой Земли, въ непрерывной борьбѣ съ массами льда, Баренцъ достигаетъ наконецъ сѣверо-восточной оконечности Новой Земли, гдѣ уже 26 августа въ заливѣ, названномъ имъ (76° с. ш.) Ледянымъ, судно Баренцса окончательно было затерто льдами. Напоръ льдовъ вскорѣ сталъ ломать судно, и голландцы принуждены были свезти всѣ

припасы съ корабля на берегъ и устроили на немъ себѣ избу. Но изба плохо защищала отъ сильныхъ морозовъ. Несмотря на то, что въ серединѣ избы постоянно поддерживали огонь, нары покрывались льдомъ въ два пальца толщины; при сушкѣ одежды, сторона, не обращенная къ огню, круто промерзала. При такой обстановкѣ провели несчастные голландцы всю зиму. Съ наступленіемъ оттепелей въ іюнѣ 1597 г. ослабленная и изнуренная команда съ величайшимъ трудомъ вырыла свои лодки изъ-подъ снѣга и на нихъ отправилась въ обратный путь; здѣсь вскорѣ умеръ Баренцъ, и команда, оставшись безъ руководителя, съ большимъ трудомъ и послѣ многихъ приключеній добралась до Колы, откуда и вернулась въ Голландію.

Несмотря на печальный исходъ Баренцовой экспедиціи, мы встрѣчаемъ еще попытки голландцевъ и въ XVII столѣтіи пройти черезъ Карское море, но онѣ были столь-же неудачны, какъ и попытки англичанъ. Послѣ этого прекратились на долгое время плаванія иностранцевъ на сѣверо-востокъ. Весь-же берегъ Сибири былъ открытъ русскими, преимущественно русскими промышленниками и казаками.

Эти смѣлыя плаванія совершались при самыхъ скудныхъ средствахъ, на маленькихъ мѣстныхъ лодкахъ, называемыхъ кочами. На нихъ спускались по рѣкамъ въ океанъ (Студеное море), шли по берегу отъ устья одной рѣки къ другой, промышленники за пушнымъ товаромъ, а казаки — за данью.

Подобнымъ образомъ казакъ Семенъ Дежневъ, направившись въ 1648 г. изъ устья Колымы на востокъ, шелъ до тѣхъ поръ, пока не открылъ проходъ, отдѣляющій Азію отъ Америки (нынѣ Беринговъ проливъ), прошелъ его, спустился до Анадыря, поднялся здѣсь и построилъ Анадырскій острогъ. Объ открытіи пролива Дежневъ донесъ въ Якутское правленіе, но это донесеніе такъ и осталось въ архивѣ, и только послѣ вторичнаго открытія этого пролива, спустя 80 лѣтъ, Берингомъ, донесеніе Дежнева было отыскано исторіографомъ Сибири

Миллеромъ. Такимъ образомъ честь открытія пролива собственно принадлежитъ Дежневу.

Въ 1696 г. водворившійся на Анадырѣ отрядный начальникъ Атласовъ открываетъ и покоряетъ Камчатку, а по его стопамъ другіе казачьи начальники достигаютъ Курильскихъ острововъ.

Въ 1724 г. Петръ Великій поручилъ Берингу изслѣдовать восточную часть Ледовитаго океана, и въ 1728 г. Берингъ прошелъ проливъ, названный его именемъ.

Возвратившись въ Петербургъ, Берингъ выхлопоталъ снаряженіе „Большой Сѣверной экспедиціи“ для открытія и изслѣдованія кратчайшаго пути между Бѣлымъ моремъ и Камчаткою. Планъ Беринга былъ одобренъ императрицею Анною Іоанновною, и экспедиція начала свои работы, въ составѣ 3 отрядовъ, изъ трехъ различныхъ мѣстъ сѣвернаго побережья, между Архангельскомъ и Восточнымъ океаномъ. Самъ Берингъ направился въ Охотскъ, чтобы оттуда идти на востокъ для опредѣленія берега Америки. Вся экспедиція въ общемъ продолжалась почти 8 лѣтъ, и ей мы обязаны первыми надежными картографическими свѣдѣніями о сѣверномъ прибрежіи Азіи. Многіе участники справедливо заслужили себѣ почетное мѣсто въ числѣ арктическихъ изслѣдователей. Такъ, имена Прончищева, Лаптева и Челюскина, должны быть поставлены въ ряду такихъ изслѣдователей, особенно Челюскина, обогнувшаго въ 1742 г. самую сѣверную оконечность Азіи, названную въ честь его мысомъ Челюскина. Плаваніе Беринга было менѣе удачное; ему только издали удалось увидѣть сѣверо-западный берегъ Америки подъ $58^1/_2°$ сѣв. широты, а у острова Монтегю спутнику его Стеллеру удалось собрать кое-какія физико-географическія и зоологическія свѣдѣнія, которыя и составили самый важный результатъ этого плаванія. Самъ Берингъ умеръ на открытомъ имъ островѣ, названномъ впослѣдствіи его именемъ. На островѣ Беринга найдены были въ большомъ числѣ морскіе бобры, и это стало привлекать

туда русскихъ промышленниковъ, которые вскорѣ пошли и дальше на востокъ, что привело къ открытію Алеутскихъ острововъ и Аляски.

Сѣверо-западный-же берегъ Америки до Берингова пролива и затѣмъ оттуда на востокъ былъ прослѣженъ впослѣдствіи Кукомъ въ 1778 г., и тогда уже окончательно обрисовался материкъ С. Америки со стороны Тихаго океана.

Во второй половинѣ XVIII столѣтія и началѣ XIX столѣтія купцы-промышленники открываютъ Ляховскій и Новосибирскій острова, а въ 1821—1824 гг. экспедиціи подъ руководствомъ лейтенантовъ Врангеля и Анжу заняты изслѣдованіемъ сѣверо-восточнаго побережья Азіи и рѣшеніемъ вопроса о материкѣ къ сѣверу отъ Берингова пролива, о существованіи котораго много тогда говорили. Свѣдѣнія доставленныя этими экспедиціями, между прочимъ, относительно обширныхъ полыней въ нѣкоторомъ разстояніи отъ берега, легли впослѣдствіи въ основу плана профес. Норденшельда совершить плаваніе къ Берингову проливу вдоль сѣвернаго прибрежья Азіи. Въ 1821—24 гг. лейт. Литке совершаетъ 4 плаванія къ Новой Землѣ и составляетъ первую надежную ея карту. Вопросъ о сѣверо-восточномъ проходѣ могъ уже считаться рѣшеннымъ, но практическаго значенія онъ не получилъ; только въ новѣйшее время, въ 1875 г. шведская экспедиція, подъ руководствомъ проф. Норденшельда, проникнувъ черезъ Карское море въ устье Оби и Енисея, указала на возможность пользоваться для торговли съ Сибирью морскимъ путемъ, и съ тѣхъ поръ Карское море почти ежегодно стало посѣщаться торговыми пароходами, хотя для прохода его и приходится выбирать особенное время, въ августѣ, и притомъ выжидать у Карскихъ воротъ, когда море очистится отъ плавучихъ льдовъ.

Норденшельдъ пытался показать возможность плаванія и далѣе до Берингова пролива и на пароходѣ „Wega“ отправился въ 1878 году вдоль берега Сибири, но, пройдя благополучно до мыса Восточнаго (нынѣ Дежнева; 100 миль до пролива),

„Wega“ здѣсь была затерта льдомъ и только въ іюлѣ 1879 г. освободилась отъ него, прошла черезъ Беринговъ проливъ, и уже обычнымъ путемъ черезъ Суэзскій каналъ вернулась въ Стокгольмъ. Но этимъ дѣло и кончилось, и вопросъ о постоянномъ плаваніи этимъ путемъ пока не получилъ удовлетворительнаго рѣшенія.

Въ видахъ же облегченія плаванія черезъ Карское море къ устьямъ Оби и Енисея Россіею были вновь предприняты вдоль русскаго побережья Сѣв. Ледовитаго океана съ 1894 г. гидрографическія работы, подъ начальствомъ полковника Вилькицкаго. Эти работы въ 1894—96 гг. производились преимущественно въ Обской и Енисейской губахъ, а съ 1898 г. онѣ ведутся въ южной части Карскаго моря и западнѣе Югорскаго шара и хотя имѣютъ цѣлью главнымъ образомъ опись прибрежій, но тѣмъ не менѣе доставляютъ и весьма цѣнный океанографическій матеріалъ.

Изслѣдованія сѣверо-западнаго прохода. Переходя къ описанію путешествій для открытія сѣверо-западнаго прохода, вспомнимъ объ открытіи исландцами уже въ XI столѣтіи сѣв. Америки, подъ именемъ Винланда. Но этимъ въ Европѣ тогда мало интересовались, забыли его, и вторично открылъ этотъ материкъ уже Каботъ въ XVI столѣтіи на англійскихъ судахъ, хотя Каботъ былъ по происхожденію итальянецъ. Каботу-же принадлежитъ и первая мысль о сѣверо-западномъ проходѣ въ Тихій океанъ, и онъ-же первый въ 1577 г., подвигаясь вдоль берега Сѣв. Америки, доходитъ до Гудзонова пролива и становится основателемъ англійскихъ полярныхъ плаваній въ этихъ мѣстахъ, открывая собою первый періодъ такихъ плаваній (отъ 1577 до 1632 года).

Изъ этихъ плаваній особенно замѣчательны плаванія Дэвиса, Гудзона и Баффина.

Дэвисъ въ 1585 г., проникнувъ въ проливъ, названный его именемъ, дошелъ до полярнаго круга, и хотя видѣлъ свободное отъ льда море къ сѣверу, но не рѣшился идти далѣе и

ограничился обслѣдованіемъ ближайшаго къ югу западнаго бассейна, нынѣшняго Кумберландскаго залива. Дэвисъ полагалъ, что открытый имъ Кумберландскій бассейнъ есть проливъ, ведущій къ Тихому океану, но встрѣчныя бури не позволили ему на этотъ разъ убѣдиться въ этомъ, и только послѣдующія двѣ экспедиціи, въ которыхъ онъ доходилъ почти до середины Баффинова залива (до 73° сѣв. шир.), окончательно разочаровали его относительно прохода черезъ Кумберландскій бассейнъ. Открытія Дэвиса во всякомъ случаѣ принесли огромную выгоду англичанамъ, — они положили начало обширному китоловству въ Гренландскихъ водахъ; онъ-же первый сообщилъ о здѣшнихъ берегахъ и народахъ, ихъ обитающихъ.

Послѣ экспедицій Дэвиса англійское правительство надолго перестало заботиться объ открытіи сѣверо-западнаго прохода, и это дѣло приняла на себя основанная въ 1600 г. Остъ-Индская компанія. На ея счетъ снаряжена была въ 1610 г. экспедиція Гудзона, который, пройдя по проливу, названному его именемъ (хотя его первый открылъ Каботъ), достигъ открытаго моря, которое однако впослѣдствіи оказалось большимъ заливомъ, называемымъ Гудзоновымъ, такъ какъ Гудзонъ первый прошелъ черезъ него до самой южной. части, Джемсовой бухты. Въ этомъ-же заливѣ Гудзонъ и погибъ; жестокая команда, раздраженная борьбою со льдами и недостаткомъ провіанта, высадила его въ одну изъ шлюпокъ и бросила на произволъ бушующаго моря, а сама на суднѣ возвратилась въ Англію. Открытый Гудзономъ новый свободный для плаванія бассейнъ заставилъ снарядить еще нѣсколько экспедицій, которыя привели къ убѣжденію, что, слѣдуя по пути Гудзона, нельзя проникнуть на западъ, и потому стали дѣлать попытки въ направленіи къ сѣверу черезъ Дэвисовъ проливъ.

Въ 1616 г. по этому пути пошелъ Баффинъ на маленькомъ суднѣ „Discovery“. Дойдя благополучно по проливу Дэвиса до параллели $77^{3}/_{4}°$, онъ былъ задержанъ здѣсь силь-

нымъ противнымъ вѣтромъ у острова, названнаго имъ островомъ Женщинъ, потому что при высадкѣ на берегъ всѣ эскимосы-мужчины разбѣжались, а остались однѣ только женщины, подстрекаемыя любопытствомъ посмотрѣть на иностранцевъ. Далѣе, онъ прошелъ заливъ и достигъ подъ параллелью 78° сѣв. шир. пролива, которому, въ честь своего покровителя, онъ далъ наименованіе Смитова канала — это была самая сѣверная точка, выше которой, послѣ Баффина, не подымался въ теченіе почти двухъ столѣтій ни одинъ полярный мореплаватель въ этихъ странахъ. Здѣсь уже льды заградили дальнѣйшее плаваніе, притомъ-же съуженіе здѣсь пролива ввело Баффина въ заблужденіе: онъ рѣшилъ, что Смитовъ каналъ оканчивается вѣроятно заливомъ, не имѣющимъ выхода. На обратномъ пути онъ видѣлъ свободный проходъ на западѣ (это Ланкастерскій Зундъ), но думая, что и это не болѣе, какъ заливъ въ родѣ Кумберландскаго, Баффинъ прошелъ мимо него, а въ то-же время открылась среди команды цынга, и потому Баффинъ поспѣшилъ уже въ концѣ августа вернуться въ Англію.

Мнѣніе Баффина о замкнутости залива его имени повліяло на прекращеніе дальнѣйшихъ поисковъ сѣверо-западнаго прохода.

Только съ 1818 г. англійское правительство опять принялось за это дѣло, благодаря географу Баррову, который указывалъ на крупные результаты, достигнутые русскими въ полярныхъ изслѣдованіяхъ въ Азіи и выразилъ пожеланія, чтобы поднятый Великобританіею вопросъ о сѣверо-западномъ проходѣ, былъ ею же и разрѣшенъ.

Къ тому-же и Гренландскіе китоловы, особенно Скорезби, утверждали, что сѣвернѣе 80° сѣв. шир. климатъ становится мягче, льды меньше и виднѣется иногда къ сѣверу свободное море.

Въ 1818 г. Англія объявляетъ премію въ 10 т. ф. ст. за открытіе сѣверо-западнаго прохода и 5 т. ф. ст. за достиженіе меридіана 110° з. д., т. е. половины разстоянія между Берин-

говымъ проливомъ и Баффиновымъ заливомъ, и сама начинаетъ снаряжать рядъ экспедицій, доставившихъ ей неувядаемую славу въ дѣлѣ полярныхъ изслѣдованій.

Всѣ эти экспедиціи могутъ быть раздѣлены на два періода: 1) отъ 1818 до 1839 г. и 2) отъ 1845 до 1856 г.

Въ первомъ періодѣ было снаряжено 9 морскихъ экспедицій и 4 сухопутныхъ вдоль береговъ Сѣверной Америки и наконецъ двѣ экспедиціи спеціально къ сѣверному полюсу, т. е. въ теченіе 20 лѣтъ всего 15 экспедицій.

Сухопутныя экспедиціи, во главѣ Франклина, Ричардсона, Бака, Дези и Симпсона, стяжавшихъ себѣ громкую славу этими экспедиціями, изслѣдовали и составили карту всего прибрежья Сѣверной Америки отъ мыса Баррова до устья рѣки Большой Рыбной.

Морскія-же экспедиціи, въ числѣ 8, обрисовали большую часть сѣвернаго американскаго Архипелага, а одна экспедиція черезъ Беринговъ проливъ проникла до мыса Баррова. Изъ этихъ экспедицій наиболѣе замѣчательны экспедиціи подъ начальствомъ Парри и Джона Росса.

Парри провелъ 4 зимы, съ промежутками, среди льдовъ крайняго сѣвера и въ первомъ изъ своихъ плаваній, наиболѣе удачномъ, идя черезъ Ланкастеръ Зундъ (тотъ самый, мимо котораго, за 200 лѣтъ до этого, проходилъ Баффинъ, думая что это заливъ), достигъ свободно острова Мельвилля, т. е. 110° западной долготы, за что команда его и получила объявленную премію въ 5 т. ф. ст.; это было въ 1819 году. На Мельвиллѣ онъ провелъ зиму и это была, послѣ Барентсовой, первая зимовка въ полярныхъ странахъ. Но какая большая разница этой зимовки отъ Барентсовой. Барентсъ, не подготовленный къ зимовкѣ, безъ продовольственныхъ запасовъ и теплой одежды, принужденъ добывать себѣ то и другое лишь охотою на медвѣдей и другихъ пушныхъ звѣрей, — экспедиція-же Парри богато снабжена, между прочимъ, и противо-цынготными средствами: сушеные овощи, лимонная кислота, квашенная ка-

пуста, уксусъ въ сгущенномъ видѣ, соленое мясо, словомъ все, что можно было придумать, и все лучшаго качества. Вмѣсто сухарей огромный запасъ муки, такъ что все время имѣли свѣжеиспеченный хлѣбъ. Корабли были поставлены на зимовку въ защищенномъ отъ напора льдовъ мѣстѣ и обложены вокругъ снѣгомъ для сохраненія внутри тепла. Сверху-же во всю палубу былъ натянутъ брезентъ, въ видѣ крыши, подъ которою во время непогодъ прогуливались и дѣлали гимнастическія упражненія. Одно было лишь неудобство — сырость въ каютахъ, увеличивавшаяся еще отъ мытья и сушки бѣлья.

Послѣ этой экспедиціи Парри, прошедшаго половину пути до Берингова пролива, нельзя было сомнѣваться въ существованіи сѣверо-западнаго прохода. Эта экспедиція принесла наибольшую пользу и въ научномъ отношеніи и пріобрѣла руководящее значеніе для всѣхъ позднѣйшихъ полярныхъ плаваній и зимовокъ.

Наиболѣе трудною была экспедиція Росса, которая продолжалась 4 зимы, съ 1829 по 1833 г. Россъ былъ запертъ въ 1-мъ же году льдами у восточнаго берега открытаго имъ и затѣмъ изслѣдованнаго полуострова, Боотія Феликсъ (названнаго такъ въ честь покровителя экспедиціи, винокуреннаго заводчика, Феликса Боота, пожертвовавшаго на экспедицію 17 т. ф. ст.), и на 3-й годъ пребыванія здѣсь, не освободясь отъ льда, принужденъ былъ бросить свои суда и идти на саняхъ и лодкахъ въ обратный путь; однако вблизи залива Кресвеля 4-я суровая зима застигла путешественниковъ, и навѣрно они-бы погибли съ голода, если-бы не нашли здѣсь довольно обильный запасъ провіанта, который былъ сложенъ Парри во время одной изъ предшествующихъ его экспедицій. Только въ слѣдующемъ 1833 году Россъ достигъ Ланкастеръ Зунда, гдѣ и встрѣтилъ одно изъ судовъ, высланныхъ спеціально на поиски его экспедиціи. На второй годъ пребыванія Росса у Боотіи племянникъ его, Джемсъ Кларкъ Россъ, въ одну изъ санныхъ экскурсій по полуострову открылъ мѣсто, гдѣ магнитная

стрѣлка приняла совершенно вертикальное положеніе — это сѣверный магнитный полюсъ. Это открытіе составляетъ одинъ изъ главнѣйшихъ результатовъ 4-хъ лѣтней экспедиціи Росса. Нельзя не упомянуть здѣсь, что кочующіе въ этихъ мѣстахъ эскимосы обнаруживали замѣчательное знакомство мѣстности. Такъ въ одной изъ зимовокъ Парри, у полуострова Мельвилль, одна молодая эскимоска по имени Иглуликъ обратила на себя вниманіе всѣхъ членовъ экспедиціи, нарисовавъ карту всего прибрежья полуострова, оказавшуюся впослѣдствіи вполнѣ вѣрною. Также и Россъ получалъ многія полезныя свѣдѣнія отъ эскимосовъ.

Труды и опасности полярныхъ плаваній охладили на нѣкоторое время рвеніе англичанъ къ отысканію сѣверо-западнаго прохода, но въ 1845 г. по настоянію секретаря адмиралтейства Дж. Барровъ была снаряжена опять экспедиція въ арктическую Америку, подъ начальствомъ опытнаго въ такихъ дѣлахъ Франклина въ составѣ 2-хъ паровыхъ судовъ „Erebus“ и „Terror“, посылавшихся передъ тѣмъ къ южному полюсу и оправдавшихъ самыя смѣлыя ожиданія.

Снаряженіе экспедиціи произведено было со всевозможною осмотрительностью. Она вышла изъ Портсмута въ концѣ мая, и послѣднее извѣстіе отъ нея было получено съ китобойнымъ судномъ, встрѣтившимъ Франклина нѣсколько западнѣе залива Мельвилля. Не получая затѣмъ никакихъ свѣдѣній о Франклинѣ въ 1846 и 1847 гг., въ Европѣ стали безпокоиться объ его участи, и розыски его повели къ цѣлому ряду экспедицій. Такъ въ 1848 году Ричардсонъ отыскиваетъ его сухимъ путемъ, а Джемсъ Россъ — моремъ. Въ 1850 г. отправляются сразу 12 британскихъ судовъ подъ начальствомъ Макъ-Клюра, и нью-іоркскій купецъ Гринель снаряжаетъ на свой счетъ 2 экспедиціи. Всѣ эти экспедиціи узнали лишь о гибели Франклина со всей командою. Найдено было много предметовъ — ружья, компасы, записки подъ камнями, даже скелеты людей и наконецъ бумага, въ которой сказано, что Франклинъ умеръ въ

1847 г., а команда пошла пѣшкомъ къ Рыбной рѣкѣ. Дальнѣйшіе поиски привели къ заключенію, что и вся команда, не дойдя даже до устья рѣки, погибла, вѣроятно отъ изнеможенія и голода. По найденнымъ документамъ видно, что суда Франклина были затерты льдами вблизи земли короля Вильяма и что, не видя никакой возможности освободиться отъ льда, экспедиція въ 1848 г. рѣшилась бросить суда, но взяла съ собою слишкомъ много лишнихъ предметовъ, тащить которые было не подъ силу изнуренной уже предшествовавшими зимовками и болѣзнями командѣ; она изнемогала, а недостатокъ продовольствія ощущался все болѣе и болѣе, и наконецъ стали умирать отъ голода. На одномъ изъ приваловъ, вблизи уже юго-западной оконечности земли короля Вильяма, они встрѣтили эскимосовъ, но тѣ ночью тайкомъ убѣжали отъ нихъ. Таковъ былъ печальный исходъ экспедиціи Франклина. Но если экспедиціи, посылавшіяся на поиски Франклина, не могли уже спасти его, то онѣ все-же рѣшили окончательно вопросъ о сѣверо-западномъ проходѣ.

Въ 1853 г. Макъ Клюръ, идя изъ Берингова пролива къ востоку, немного не дошелъ до острова Мельвилль и отправилъ къ нему экспедицію по льду подъ начальствомъ лейт. Кресвеля. Здѣсь на льду онъ встрѣтился съ партіею Инглефильда, шедшей съ востока, и судно котораго стояло у острова Мельвилль. Одинъ изъ партіи Кресвеля пошелъ къ Инглефильду и съ нимъ вернулся въ Англію, доказавъ такимъ образомъ на дѣлѣ, что сѣверо-западный проходъ существуетъ, но непроходимъ для судовъ и потому практическаго значенія не имѣетъ.

Экспедиціи къ сѣверному полюсу. Перехожу къ экспедиціямъ къ сѣверному полюсу. Цѣль ихъ чисто научно-географическая — рѣшить вопросъ: представляетъ-ли сѣверный полюсъ обширный материкъ или-же тамъ необозримый океанъ. Впрочемъ первое плаваніе въ этомъ направленіи было предпринято съ торговою цѣлью извѣстнымъ уже намъ мореплавателемъ

Гудзономъ. Въ 1607 году ему было поручено Московскимъ торговымъ обществомъ (основаннымъ въ Англіи для торговли съ Россіею) ни болѣе ни менѣе, какъ пройти черезъ сѣверный полюсъ прямо въ Японію. Гудзонъ достигъ восточнаго берега Гренландіи и оттуда сталъ двигаться къ сѣверу, но массы льда заставили его уклониться на востокъ; здѣсь онъ достигъ сѣверной оконечности Шпицбергена подъ 81° сѣв. шир., — такой широты, какой ни одинъ мореплаватель до Гудзона не достигалъ. Далѣе, увидѣвъ по горизонту сильный ледяной блескъ, Гудзонъ правильно заключилъ, что проходъ тамъ невозможенъ и возвратился обратно въ Англію, открывъ по пути островъ Янъ-Майенъ. Несмотря на то, что цѣль была недостигнута, плаваніе Гудзона имѣло важное практическое значеніе. Изслѣдуя прибрежья и воды Шпицбергена, Гудзонъ обнаружилъ огромное богатство рыбы, тюленей, моржей, китовъ и пушного звѣря, и эти свѣдѣнія вызвали учрежденіе здѣсь обширныхъ рыболовныхъ ставокъ. Англичане и голландцы стали отправлять къ этимъ мѣстамъ цѣлые флоты, чтобы завладѣть этими богатствами природы. Нельзя сказать, чтобы эта погоня за наживою на крайній сѣверъ не принесла извѣстной пользы и географіи. Благодаря только этимъ плаваніямъ, получались въ теченіе $1^1/_2$ стол. свѣдѣнія о группѣ Шпицбергенскихъ острововъ и природѣ ихъ. Что-же касается спеціальныхъ экспедицій въ эти страны, то прежде всего принялась за это Россія послѣ того, какъ ею было изслѣдовано уже почти все Азіатское полярное прибрежье. Проектъ русскаго Правительства состоялъ въ томъ, чтобы, основавъ на юго-западномъ берегу большого Шпицбергенскаго острова, въ Бель-Зундѣ, складочное мѣсто, оттуда, если возможно, пробиться черезъ ледъ и проникнуть въ Тихій океанъ. Лѣтомъ 1764 г. лейт. Нѣмчиновъ построилъ въ Бель-Зундѣ пять домовъ, куда и были сложены всѣ запасы. Затѣмъ въ слѣдующемъ 1765 году, была снаряжена экспедиція на 3-хъ корабляхъ изъ Архангельска, подъ начальствомъ капитана Чичагова. Но это плаваніе было

неудачное; ледъ преградилъ Чичагову путь уже въ широтѣ $80^1/_2°$. Чичаговъ ходилъ и въ 1766 г., но также безуспѣшно.

Послѣ этого уже Англія снарядила экспедицію въ 1773 г., которой поручено было рѣшить вопросъ, до какого градуса сѣв. широты возможно мореплаваніе, но эта экспедиція не проникла дальше Чичагова, и тѣмъ дѣло о плаваніи къ сѣверному полюсу окончилось.

Слѣдующая по времени экспедиція къ сѣверному полюсу была снаряжена Англіею только въ 1818 г., когда начались изслѣдованія сѣверо-западнаго прохода. Но эта экспедиція, въ которой участвовалъ знаменитый Франклинъ, не рѣшилась пробиваться черезъ льды сѣвернѣе $80^1/_2°$.

Между тѣмъ китоловы, особенно китоловъ Скорезби, который въ свое время славился первымъ знатокомъ полярныхъ странъ, доходилъ уже до 81° сѣв. шир. и разсказывалъ о видѣнныхъ имъ къ сѣверу необозримыхъ ледяныхъ поляхъ, чрезвычайно гладкихъ, на которыхъ, по его мнѣнію, легко было-бы на саняхъ пробраться до сѣвернаго полюса. Вслѣдствіе этого знакомый уже намъ знаменитый Парри успѣлъ склонить англійское правительство къ снаряженію въ 1827 г. экспедиціи къ сѣверному полюсу на совершенно новыхъ началахъ. Онъ запасся лодками, которыя могли быть легко превращаемы въ сани, и дойдя на суднѣ до Шпицбергена, до южной окраины ледяныхъ полей, отправился 21 іюня къ сѣверу на своихъ лодкахъ-саняхъ, въ сопровожденіи Дж. Росса и лейт. Бирда, запасшись провизіею на 71 день. Съ неимовѣрными усиліями они должны были пробираться черезъ груды льдовъ, пересѣченныя обширными полыньями, и достигли наконецъ 23 іюля 82° 45′ шир., проходя такимъ образомъ всего въ день около 10 верстъ, а иногда и менѣе, но затѣмъ замѣтили, что ледяное поле, по которому они шли впередъ, стало относить теченіемъ и сѣвернымъ вѣтромъ назадъ на столько, что 26 іюля они оказались уже на 8 верстъ южнѣе, хотя все время шли на сѣверъ. Ясно стало, что всѣ усилія въ этомъ направленіи не приведутъ на этотъ

разъ къ цѣли, и потому Парри вернулся къ Шпицбергену и затѣмъ въ Англію. Это путешествіе Парри особенно замѣчательно тѣмъ, что это былъ первый опытъ употребленія шлюпокъ на полозьяхъ въ полярныхъ путешествіяхъ, и этимъ пріемомъ воспользовался, какъ увидимъ, и послѣдній полярный путешественникъ Нансенъ.

Послѣ неудавшейся экспедиціи Парри, путь отъ западнаго прибрежья Шпицбергена къ полюсу былъ заброшенъ, только въ 1868 г. экспедиція проф. Норденшельда на „Sofia“ пыталась проникнуть возможно далѣе къ N, исходя отъ Шпицбергена, но могли достигнуть лишь пар. 81° 42′ сѣв. шир., впрочемъ для того времени самой высокой сѣверной широты, до которой ранѣе не доходило ни одно судно.

Перейдемъ теперь къ экспедиціямъ, которыя старались достигнуть сѣвернаго полюса другими путями, именно: 1) вдоль восточнаго и западнаго береговъ Гренландіи (черезъ Смитовъ каналъ), 2) отъ Берингова пролива къ сѣверу и 3) наконецъ, принимая за исходный пунктъ Новосибирскіе острова.

Вдоль восточнаго прибрежья Гренландіи пытались пройти въ 1869 г. германскія экспедиціи, снаряженныя на средства, собранныя по подпискѣ географомъ Петерманомъ. Но эти экспедиціи, не имѣли успѣха, такъ какъ былъ выбранъ одинъ изъ самыхъ неблагопріятныхъ въ отношеніи льдовъ базисовъ для проникновенія къ сѣверу. Здѣсь льды не только загромождаютъ большею частью берегъ, но и сильнымъ теченіемъ ихъ несетъ постоянно къ югу. Одно изъ судовъ этой экспедиціи „Germania“ успѣло проникнуть лишь до 75½° сѣв. шир. и въ одной изъ маленькихъ бухтъ осталось на зимовку, во время которой изслѣдованъ былъ берегъ до 77° сѣв. шир. Черезъ 10 мѣсяцевъ „Germania“ освободилась отъ льда и вернулась на родину, доставивъ много свѣдѣній о восточномъ берегѣ Гренландіи. Другое судно „Hansa“ уже въ шир. 70° сѣв. шир. было затерто льдами, и экипажъ долженъ былъ спасаться на льдинахъ, гдѣ впрочемъ устроились съ сравнительнымъ комфортомъ, построивъ

себѣ изъ каменнаго угля домикъ. Они пробыли въ такомъ положеніи всего 295 дней, подвигаясь все время со льдами на югъ къ мысу Фаруэль; когда льдина, на которой они жили, стала разбиваться, перешли на лодки и только съ большимъ трудомъ добрались до берега Гренландіи вблизи датской колоніи Юліенгаабъ и на датскомъ суднѣ вернулись домой.

Здѣсь кстати будетъ упомянуть объ австрійской экспедиціи, подъ начальствомъ Пайера и Вейпрехта, въ 1872 г., — экспедиціи, важной по своимъ результатамъ, хотя цѣлью ея и не былъ сѣверный полюсъ, а лишь научное изслѣдованіе Сѣвернаго Ледовитаго океана къ сѣверо-востоку отъ Новой Земли. Эта экспедиція на суднѣ „Tegetthof“, подойдя къ Новой Землѣ, у мыса Нассау была окружена льдами и „Tegetthof'у“ не пришлось уже болѣе выйти въ свободное море. Оставаясь во льдахъ, „Tegetthof“ совершалъ невольное плаваніе то къ сѣверу, то къ югу и наконецъ черезъ годъ приблизился къ невѣдомой до сихъ поръ землѣ. Въ честь высокаго покровителя экспедиціи, австрійскаго императора, вновь открытая земля названа была „Землею Франца Іосифа“. Она оказалась состоящею изъ группы острововъ, пустынныхъ, покрытыхъ льдомъ и снѣгомъ. Огромные ледники спускались съ высокихъ горъ въ фіорды. Здѣсь остались на вторую зимовку и весною успѣли изслѣдовать на саняхъ и собакахъ большую часть новыхъ острововъ до 82°,5′ сѣв. шир., а съ вершины одного изъ мысовъ Пайеръ видѣлъ открытое море на далекое разстояніе съ плавающими ледяными горами. Въ маѣ 1874 г., бросивъ „Tegetthof“, скованный льдами, на 4-хъ шлюпкахъ и саняхъ пустились въ обратный путь, взявъ съ собою лишь самое необходимое; перебираясь съ большимъ трудомъ черезъ льды, они только черезъ три мѣсяца достигли Адмиралтейскаго полуострова у Новой Земли, гдѣ застали русскія промысловыя шкуны и такимъ образомъ были спасены.

Возвратимся теперь къ экспедиціямъ, которыя пытались достигнуть сѣвернаго полюса, идя черезъ Баффиновъ заливъ и

Смитовъ каналъ. Одно время англичане думали, что этотъ путь наиболѣе цѣлесообразный, и что слѣдуетъ только пробиться черезъ нѣкоторый небольшой поясъ льдовъ, а тамъ уже полярное море лѣтомъ свободно отъ льдовъ. Это мнѣніе составилось на основаніи сообщенія американской экспедиціи Кэна, искавшей Франклина, въ которой участникъ Мортонъ въ одной изъ сухопутныхъ экскурсій видѣлъ за 80° сѣв. шир. вдали открытое море названное впослѣдствіи каналомъ „Кеннеди".

Въ этомъ направленіи посылались 3 экспедиціи — 2 американскія и 1 англійская. Изъ нихъ важнѣйшія: американская въ 1871 г. подъ начальствомъ Галля и англійская въ 1875 г. подъ начальствомъ Нэрса (Nares).

Галль прошелъ каналъ Кеннеди, далѣе расширенную его часть, открытый бассейнъ, названный бассейномъ Галля, вошелъ безпрепятственно въ новый проливъ, названный имъ каналомъ Робесона, въ концѣ его увидѣлъ полосу свободной воды и далѣе повидимому открытый океанъ или заливъ, названный имъ моремъ Линкольна. Здѣсь стали показываться льдины и ледяныя горы, но по увѣренію участника экспедиціи д-ра Бессельса вовсе не такихъ размѣровъ, чтобы могли препятствовать плаванію на сѣверъ, тѣмъ болѣе, что и матросъ смотрѣвшій впередъ съ марса заявлялъ, что далѣе на сѣверо-востокъ можно свободно пройти. Нѣкоторые офицеры однако стали настаивать вернуться назадъ, чтобы отыскать гавань для предстоящей зимовки. Время было уже позднее—$^4/_{16}$ сентября; Галль былъ на столько слабъ, что уступилъ и рѣшился поворотить. Высшая широта достигнутая имъ была 82°26′.

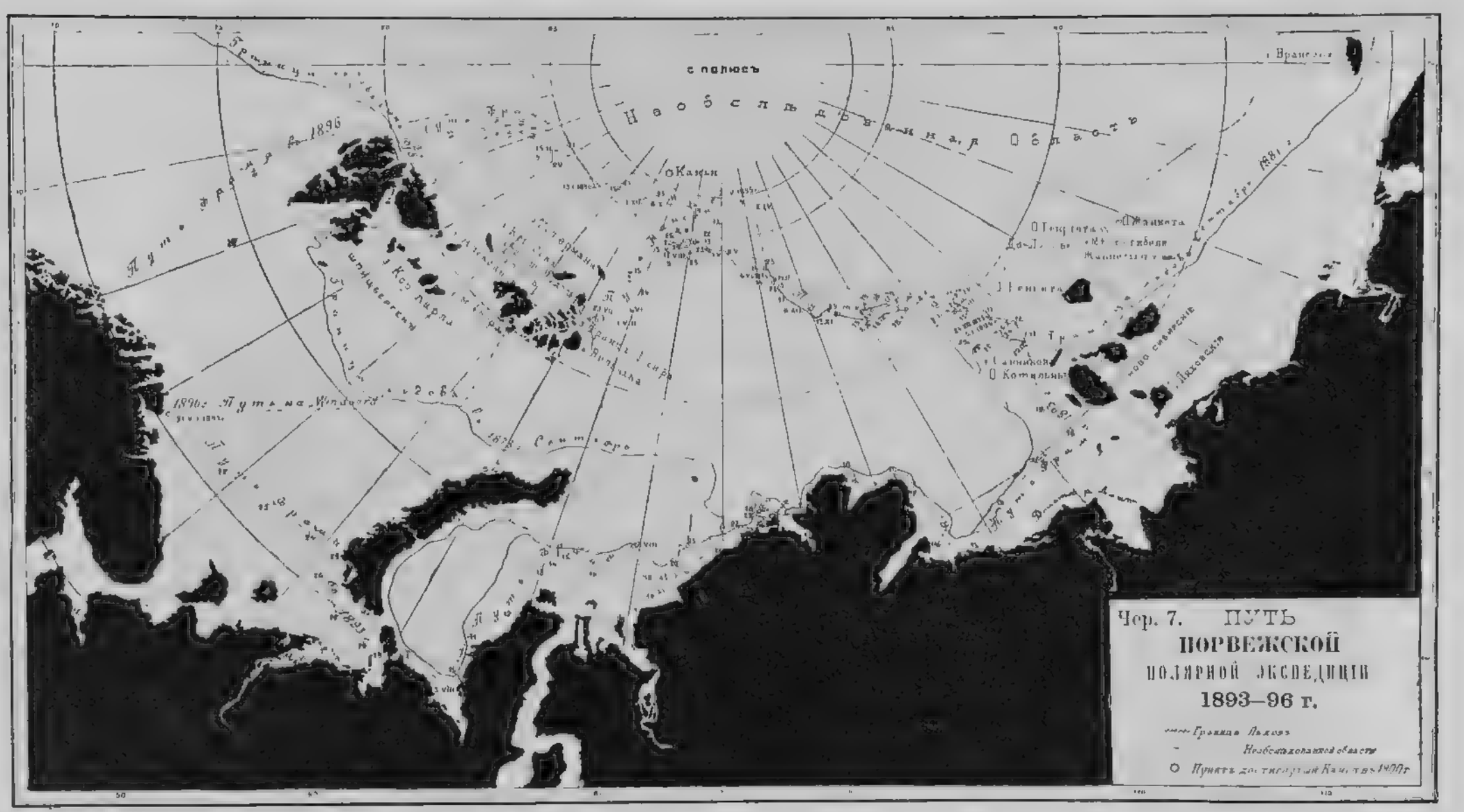
Галль остановился на зимовку въ заливѣ, названномъ имъ по имени его судна, „Polaris". но ему не суждено было ни увидѣть вновь открытаго моря, ни вернуться даже на родину. Зимою онъ умеръ. Зима прошла безъ затрудненій и лишеній. На этомъ крайнемъ сѣверѣ оказалось много мускусныхъ быковъ и медвѣдей, а къ іюню показалась на берегу тощая растительность, кролики, ляминги-пеструшки и довольно богатое царство

пернатыхъ; черная казарка и гага здѣсь-же гнѣздятся и выводятъ птенцовъ, а сѣверныя камнешарки прилетали въ іюлѣ и августѣ съ сѣвера, слѣдовательно, вѣроятно гнѣздятся на крайнемъ сѣверѣ, гдѣ онѣ находятъ еще себѣ пищу. „Polaris'y“ пришлось провести и 2-ю зиму въ томъ-же положеніи и только въ августѣ 1873 г. онъ могъ выйти изъ своей гавани, но тотчасъ былъ окруженъ льдами и съ ними отнесенъ къ югу, гдѣ страшный напоръ льдовъ заставилъ часть команды перебраться на льдину, причемъ успѣли захватить лишь часть провизіи и 2 лодки. Льдину оторвало ночью отъ „Polaris'a“, и эта часть команды провела 3-ю зиму на ней и уже въ шир. 53° въ апрѣлѣ 1874 года была снята пароходомъ, посланнымъ на поиски экспедиціи. „Polaris“-же съ остальными попалъ на отмель у острова Литльтона; здѣсь перезимовали въ сосѣдствѣ съ эскимосами, оказывавшими имъ большія услуги, и весною построивъ лодки пустились на югъ и были подобраны однимъ изъ китобойныхъ судовъ.

Англійская экспедиція Нэрса въ 1875 г. на двухъ судахъ „Alert“ и „Discovery“ прошла не далѣе Галля, но застала уже здѣсь не открытое море, видѣнное съ „Polaris'a“, но сплошную ледяную стѣну, черезъ которую пробраться не было никакой возможности. Во время зимовки въ санныхъ экскурсіяхъ экспедиція эта установила, что здѣсь начинается полярное море, берегъ Гренландіи поворачиваетъ на сѣверо-востокъ, а земля Гранта на сѣверо-западъ и доходитъ исключительно до $83^1/_4°$ сѣв. шир. Самая сѣверная точка, которой достигъ членъ этой экспедиціи, Маркгамъ, была 83°20′. Такимъ образомъ результатъ всѣхъ экспедицій, полагавшихъ достигнуть сѣвернаго полюса черезъ Смитовъ каналъ, былъ тотъ, что достигнуть полярнаго моря возможно, но оно непроходимо изъ-за льдовъ. Что-же касается санныхъ поѣздокъ по льду, то по словамъ Нэрса онѣ оказались въ высшей степени трудными, вслѣдствіе чрезвычайной неровности ледяныхъ полей.

Черезъ Беринговъ проливъ прослѣдовала въ 1879 г. американская экспедиція подъ начальствомъ Де-Лонга на яхтѣ „Жаннета“, снаряженная на средства Беннета, издателя газеты New-York Herald. Она была отправлена собственно для оказанія помощи Норденшильду, который тогда на „Wega“ зимовалъ недалеко отъ пролива, но имѣла порученіе идти, буде возможно, и къ сѣверному полюсу. „Жаннета“ скоро попала во льды и съ ними достигла нѣсколько сѣвернѣе Новосибирскихъ острововъ, открывъ здѣсь нѣсколько новыхъ острововъ, но въ 1881 г. была затерта льдомъ (чер. 7); команда принуждена была оставить судно и направилась къ устью р. Лены и часть ея погибла во время бури. — Нѣкоторые предметы съ яхты были затѣмъ черезъ 4 года найдены на берегахъ Гренландіи. Это обстоятельство, равно какъ и само передвиженіе яхты со льдами и то, что къ Гренландіи прибивается много лѣса сибирскаго и даже японскаго происхожденія, указывало на существованіе постояннаго теченія отъ Берингова пролива къ Гренландіи.

Основываясь на этомъ, норвежецъ Нансенъ возымѣлъ въ 1892 г. совершенно новую и оригинальную мысль достигнуть сѣвернаго полюса — построить небольшой и крѣпкій пароходъ такой конструкціи, которая-бы не позволяла льдамъ надавливать на бока, а заставляла-бы ихъ подходить подъ киль и приподымать судно. Такое судно назначалось слѣдовательно не для того, чтобы прорваться черезъ ледяной поясъ около сѣвернаго полюса, а для того, чтобы дать льдамъ затереть себя и съ ними идти по теченію. Исходною точкою попасть во льды была избрана мѣстность ближайшая къ Новосибирскимъ островамъ. Снаряженный какъ нельзя лучше во всѣхъ отношеніяхъ, а въ томъ числѣ и достаточнымъ количествомъ собакъ для санныхъ поѣздокъ, Нансенъ отправляется на своемъ „Фрамѣ“ въ путь изъ Тромсэ $^{2}/_{14}$ іюля 1893 года. Пройдя черезъ Карское море (чер. 7) и вдоль береговъ Сибири, обогнувъ мысъ Челюскина, Фрамъ попадаетъ 25 сентября во льды [6]).


с полюсъ
Чер. 7. ПУТЬ
НОРВЕЖСКОЙ
ПОЛЯРНОЙ ЭКСПЕДИЦІИ
1893—96 г.
Граница Льдовъ
Неизслѣдованная область

Двигаясь съ ними то въ ту, то въ другую сторону „Фрамъ“ неоднократно, особенно въ январѣ 1895 г., подвергается сильному напору льдовъ. „Но „Фрамъ“ слишкомъ крѣпокъ,— пишетъ Нансенъ въ своемъ дневникѣ—ни одно судно не могло бы выдержать такого напора, какъ „Фрамъ“. Глыба мощностью въ 2,3 метра надвинулась на „Фрамъ“ со стороны лѣваго борта, взгромоздилась затѣмъ на льдину, на которой лежитъ наше судно и своею тяжестью давитъ ее вглубь. Вмѣстѣ съ этою глыбою и „Фрамъ“ подался внизъ, тогда какъ другая глыба на льду напирала на него снизу вверхъ, давила на судно въ его средней части и продолжала напирать все время, пока судно оставалась вмерзшимъ въ ледъ“. Далѣе говоритъ Нансенъ: „трудно представить себѣ болѣе сильное давленіе — тѣмъ не менѣе судно выдержало напоръ, оторвалалось отъ льда и снова поднялось. Кто станетъ теперь утверждать что форма судна не имѣетъ большого значенія?“ Какой страшный ледяной гигантъ готовъ былъ обрушиться каждую минуту на „Фрамъ“, можно судить отчасти по фотографіи (чер. 8) „Фрама“ снятой Нансеномъ при лунномъ освѣщеніи, послѣ освобожденія отъ напора ледяного холма, и когда верхушка этого холма была уже сколота командою „Фрама“. 14 марта н. с. 1895 г. „Фрамъ“ достигаетъ только 84° сѣв. шир., т. е. всего отъ исходнаго пункта подвинулись къ сѣверу на 630 миль въ $1\frac{1}{2}$ года. Замѣчая, что путь „Фрама“ все болѣе клонится къ западу, Нансенъ рѣшается оставить судно и, забравши провіанту на 100 дней, 2 парусныхъ каяка, 3 саней и 28 собакъ, отправляется вмѣстѣ съ Іогансономъ на сѣверъ по льду, предполагая, что черезъ 30 дней онъ достигнетъ сѣвернаго полюса. Однако трудности путешествія черезъ огромные ледяные холмы, о которыхъ нѣкоторое представленіе даетъ прилагаемый рисунокъ (чер. 9), заставляютъ Нансена и Іогансона уже 7 апрѣля, въ шир. 86° $13\frac{1}{2}'$ поворотить назадъ. Съ трудомъ они пробираются къ землѣ Франца Іосифа, гдѣ зимуютъ, и только 17 іюня 1896 г. наткнулись у мыса Флора на экспедицію англичанина Джэксона (Jackson). На

Чер. 8. «Фрамъ» послѣ натиска льдовъ.

суднѣ Джексона „Windward“ Нансенъ вернулся въ Вардэ. „Фрамъ“ же, оставаясь во льдахъ, достигнулъ 16 октября наи-

Чер. 9. Трудный переходъ черезъ ледяной холмъ.

высшей широты 85° 57′ и простоялъ здѣсь почти до мая 1896 г.; отсюда путь его сталъ склоняться къ югу, а когда спустились уже до 83¼° сѣв. шир., то взорвали сковавшій ихъ ледъ и судно стало выбиваться изъ льдовъ, но еще прошло почти 2 мѣсяца, пока наконецъ не вышли у Шпицбергена на свободную воду и затѣмъ вернулись въ Норвегію, черезъ 6 дней послѣ прибытія Нансена въ Вардэ.

Такимъ образомъ полюсъ оказался недостигнутымъ, но плаваніе „Фрама“ безпримѣрно въ лѣтописяхъ арктическихъ плаваній, какъ по оправдавшимся расчетамъ и предположеніямъ и необыкновенно счастливому исходу, такъ и по богатымъ результатамъ. Хотя отъ крайней точки Нансена до сѣвернаго полюса оставалось еще 226 миль, но уже можно было смѣло сказать,

что материка на полюсѣ нѣтъ, по крайней мѣрѣ промѣръ на „Фрамѣ“ показалъ, что вблизи полюса море довольно глубокое (до 3800 метровъ).

Въ 1899 г. состоялась еще одна экспедиція къ сѣверному полюсу — экспедиція герцога Абруцскаго на „Stella Polare“. Она зимовала у земли кронпринца Рудольфа (81° 55′ сѣв. шир.), откуда 11 марта 1900 г. партія изъ 10 человѣкъ при 13 саняхъ подъ начальствомъ капитана Каньи сдѣлала попытку проникнуть къ сѣверному полюсу. Истощеніе запасовъ провизіи заставило часть партіи вернуться назадъ, а четверо достигли 24 апрѣля шир. 86° 33′, т. е. на 19 миль (см. чер. 7) дальше Нансена [7]).

Изслѣдованія южныхъ полярныхъ странъ. (Кар. II). Плаванія въ южныя полярныя страны совершались преимущественно въ нашемъ столѣтіи и они вообще не многочисленны; большія ледяныя горы и обширныя ледяныя поля останавливали мореплавателей уже вблизи полярнаго круга. Въ 1820 г. Беллинсгаузенъ съ судами „Востокъ“ и „Мирный“ достигъ къ югу отъ мыса Горна параллели 71° южн. шир. и открылъ берегъ материка, давъ ему названіе земли Александра I и Петра I. Восточнѣе-же китоловами торговаго дома Эндерби открыта подъ 64—68° южн. шир. матерая земля подъ именемъ Грагамъ и Аделаиды. Въ 1840 г. американская экспедиція подъ начальствомъ Уилькса (Wilkes) открыла берегъ къ югу отъ Австраліи подъ 66° южн. шир. Затѣмъ между землею Грагама и Уилькса китоловы открыли землю Эндерби и острова Кемпъ, а англійская экспедиція подъ начальствомъ Дж. Росса (1839—43 гг.) достигла 78° 10′ южн. шир. и почти на меридіанѣ Новой Зеландіи открыла здѣсь материкъ, названный Викторіею.

Это самая южная точка земного шара, до которой до сихъ поръ дошли морскимъ путемъ. На Викторіи виднѣлись два вулкана, названные Россомъ „Эребусъ“ и „Терроръ“, и одинъ изъ этихъ вулкановъ былъ въ дѣйствіи.

Затѣмъ въ 1895 г. норвежскій китоловный пароходъ „Antarctic“, подъ начальствомъ Борхгревинка сдѣлалъ первую попытку послѣ Росса проникнуть къ землѣ Викторіи [8]). Отправясь съ острова Campbell на югъ и, слѣдуя почти по пути Росса, Борхгревинкъ достигъ широты 74°, при чемъ часть экипажа его посѣтила берегъ земли Викторіи у мыса Адэра (71° 23′ южн. шир. 169° 56′ дол. въ откр.). Здѣсь впервые нога человѣка вступила на Антарктическій материкъ. Второй экспедиціи Борхгревинка [9]) въ 1899 г. удалось пройти отъ мыса Адэра на саняхъ до 78° 50′ южн. шир., т. е. на 40 миль южнѣе плаванія Росса. Наконецъ, въ 1898 году состоялась экспедиція „Belgica“ подъ начальствомъ Герлаха. Это первая экспедиція, давшая намъ наблюденія за цѣлый годъ въ антарктическомъ поясѣ — наблюденія значительно обогатившія наши свѣдѣнія о климатѣ этого пояса въ шир. 70—72° и въ долг. 85—103° западной. Судя по промѣрамъ „Belgica“, можно предполагать, что земля Грагама связана съ Викторіею, тогда какъ между Америкою и Антарктическимъ материкомъ море найдено глубокимъ, такъ что южный материкъ не имѣетъ подводной связи съ Америкою [10]). Но есть ли какая-либо связь между Викторіею и землею Уилькса, Эндерби и друг. остается неизвѣстнымъ. Даже открытіе Уилькса представляется сомнительнымъ, такъ какъ въ 1874 г. Challenger, отыскивалъ и не нашелъ острова Termination, считавшагося западнымъ форпостомъ земли Уилькса.

Международныя изслѣдованія полярныхъ странъ. Хотя первымъ толчкомъ къ сѣвернымъ полярнымъ плаваніямъ послужило желаніе открыть новые, кратчайшіе торговые пути, но тѣмъ не менѣе большинство этихъ плаваній, особенно въ нашемъ столѣтіи, носитъ исключительно научный географическій характеръ. Наблюденія, производившіяся въ подобныхъ плаваніяхъ, при всей ихъ случайности и отрывочности, доставили цѣнный матеріалъ для океанографіи полярныхъ областей земного шара. Но этотъ матеріалъ былъ значительно еще дополненъ первою

международною полярною экспедиціею 1882—83 гг.— экспедиціею [11]), поставившей себѣ цѣлью одновременное физико-географическое изслѣдованіе полярныхъ странъ путемъ устройства вокругъ полюсовъ ряда станцій на годъ или два года. Такая экспедиція была предпринята по иниціативѣ лейтенанта австрійскаго флота Вейпрехта и благодаря международному соглашенію слѣдующихъ государствъ: Россіи, С. А. Соединенныхъ Штатовъ, Англіи, Германіи, Даніи, Австріи, Швеціи и Норвегіи, Голландіи и Франціи. Въ сѣверномъ полушаріи было устроено 12 станцій въ поясѣ 62°—82° сѣв. шир. и въ южномъ — двѣ, одна вблизи мыса Горна, и другая на островѣ Южной Георгіи. Самая сѣверная станція была американская, въ Леди-Франклинъ-бей, подъ командою лейтенанта Грили и она-же наиболѣе прославилась географическими открытіями и достиженіемъ самой высокой широты, до какой до нея не достигалъ ни одинъ полярный изслѣдователь. Именно, помощникъ Грили, Локвудъ, въ одной изъ своихъ сухопутныхъ экскурсій могъ прослѣдить берегъ Гренландіи до 83° 24′ сѣв. шир. и еще далѣе на NO видѣлъ берегъ, но къ сѣверу морской ледъ простирался до горизонта. На основаніи приливныхъ наблюденій и промѣра глубинъ у Гренландіи Грили полагалъ, что Гренландія тянется къ сѣверу не далѣе 85° и что сѣвернѣе ея простирается глубокое море. Послѣдующія затѣмъ изслѣдованія Гренландіи [12]), произведенныя американцемъ Пири въ 1891—94 гг., установили, что берегъ Гренландіи простирается на сѣверъ лишь до параллели 82° сѣв. шир., затѣмъ поворачиваетъ на юго-востокъ; берегъ-же, открытый Локвудомъ, по всей вѣроятности принадлежитъ островамъ, расположеннымъ сѣвернѣе Гренландіи.

Указатель литературы. C. Ritter: Geschichte der Erdkunde und der Entdeckungen. Berlin, 1861 (пер. Спб., 1864). M. Vivien de Saint-Martin, Histoire de la Géographie et des découvertes géographiques, accompagné d'un atlas. Paris, 1873. O. Peschel's, Geschichte der Erdkunde bis auf A. v. Humboldt und C. Ritter. Prof. Ruge. München,

1877. Спеціально исторію гидрологіи см. Attlmayer, Handbuch der Oceanographie, 1883. B. 1. Th. 1. S. 1—49 и Report of the Voyage of Challenger: P. 1. 1895, гдѣ указаны и главнѣйшія экспедиціи до 1894 г. Списокъ же экспедицій съ полов. XVIII ст. до 1883 г. см. Boguslawski, Handbuch d. Oceanographie 1884. B. 1. S. 391—400, а съ 1883 г. до 1900 г. см. въ приложеніи настоящаго изданія. С. Полярныя изслѣдованія: F. A. Hellwald, Im ewigen Eis, 1879—81 (пер. Спб. 1883 г.). Записки по Гидрографіи, вып. XVII, 1896 г. ст. Плансона и Клыкова «Краткій историческій очеркъ гидрографіи русскихъ морей». Тамъ же см. и литературу рускихъ полярныхъ изслѣдованій.

1) Изданія всѣхъ этихъ путешествій вышли подъ слѣдующими заглавіями:

Крузенштернъ. Путешествіе вокругъ свѣта. 1803—6 г. С.-Петербургъ, 1809 г. и атласъ 1813 г.

Коцебу. Путешествіе въ южный океанъ и въ Беринговъ проливъ на кораблѣ «Рюрикъ», 1815—18 г. С.-Петербургъ, 1821—23 г.

—— Путешествіе вокругъ свѣта на военномъ шлюпѣ «Предпріятіе» въ 1823—26 г. С.-Петербургъ, 1830 г.

Кукъ. Путешествіе въ южную половину земного шара и вокругъ онаго, 1772—75 г. С.-Петербургъ, 1797 (Cook, James. A Voyage toward the South Pole and round the world in the years 1772—75. London, 1784).

—— Путешествіе въ Сѣв. Тихій океанъ, 1776—80 г. С.-Петербургъ, 1805 и 1810 (Cook, Clerke and Gore, Voyage to the Pacific Ocean for making Discoveries in the Northern Hemisphere. London, 1785).

Литке, Ѳ. Путешествіе вокругъ свѣта на шлюпѣ «Сенявинъ», 1826—29 г. съ атласомъ. С.-Петербургъ, 1835 г.

Дарвинъ, Ч. Путешествіе вокругъ свѣта на кораблѣ «Бигль». Переводъ А. Бекетова. С.-Петербургъ, 1871.

Беллинсгаузенъ. Двукратное изысканіе въ южн. Ледовитый океанъ и плаваніе вокругъ свѣта, 1819—21. С.-Петербургъ, 1831 г. Съ атласомъ.

J. C. Ross. Voyage in the Southern and antarctic Regions, 1839—1843. London, 1847.

2) Общее заглавіе: «Voyage dans les régions équinoxiaux du nouveau continent». Изъ другихъ трудовъ Гумбольдта слѣдуетъ отмѣтить «Kosmos», изд. 1845—57 гг., гдѣ изложено все современное тогда естествознаніе. (Перев. на русскій языкъ Фроловымъ и Гусевымъ. Изд. Москва, 1871 г.). 3) На русскомъ языкѣ перев. 6-го изданія подъ названіемъ: «Руководство къ геологіи». Спб., 1866 г. пер. Головкинскаго. 4) Изъ трудовъ Мори наиболѣе выдаются «Exploration and Sailing Directions» и «Physical Geography of the sea». Послѣдняя перев. на рус. яз. Толстопятовымъ. Спб., 1860 г. 5) Conférence internationale pour l'exploration de la mer, réunie à Stocholm, 1899. Stokholm 1899. 6) In Nacht und Eis. F. Nansen. Leipzig, 1897. Перев. на рус. различными журналами, но лучшій переводъ подъ ред. проф. Анучина, ред. журн. «Землевѣдѣніе», 1897 г. Москва. 7) Rivista maritima. Ottob. 1900. На стр. 66 нашего очерка опечатка: зимовка Stella Polade показана въ шир. 81°55′, а слѣдуетъ 81°45′. 8) The cruise of the «Antarctic» to the south polar regions. By H. J. Bull. London, 1896. 9) Annal. d. Hydrogr. H. IX. 1900. 10) Зап. по Гидрогр., 1900 г., стр. 246. 11) Морск. Сбор., 1883, № 1—2 и 1889 г., № 9—12, ст. М. А. Рыкачева. Каждое изъ государствъ, принимавшихъ участіе въ международныхъ полярныхъ изслѣдованіяхъ, издало труды и наблюденія своихъ станцій. 12) Peary, R. E. Northward over the Great Ice. V. I. London, 1898, p. 346—352.

ОТДѢЛЪ I.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

Гидрологія моря, имѣя ближайшею цѣлью описаніе рельефа дна водныхъ бассейновъ, физико-химическихъ свойствъ морскихъ водъ и движенія ихъ, не можетъ оставаться чуждою и вопросовъ относительно причинъ, породившихъ современное очертаніе и рельефъ океанскихъ бассейновъ и обусловливающихъ ихъ измѣнчивость. Эти вопросы по существу тѣсно связаны съ прошлою исторіею земли и вообще съ изслѣдованіями твердой коры земли и ея внутренности, такъ какъ тѣ же силы, которыя вызвали къ существованію материки и произвели на нихъ крупнѣйшія неровности, способствовали и углубленію океанскихъ бассейновъ. Такимъ образомъ, гидрологія къ извѣстной части своихъ изслѣдованій нуждается въ геологическихъ данныхъ, почему намъ необходимо познакомиться, хотя вкратцѣ, съ главнѣйшими выводами геологіи, какъ относительно прошлаго земли, такъ и свойства силъ, которыми обусловливается внѣшній обликъ земной коры [1]).

ИСТОРІЯ ЗЕМЛИ.

Образованіе земли.

Попытки проникнуть въ тайну происхожденія міра, а вмѣстѣ съ тѣмъ и земли, встрѣчаемъ уже у древнихъ филосо-

фовъ, но первая раціональная гипотеза по этому вопросу, основанная на законахъ притяженія, принадлежитъ философу Канту. Затѣмъ, болѣе разработанную, на основаніи законовъ механики, гипотезу о происхожденіи солнечной системы далъ знаменитый Лапласъ. Обѣ эти гипотезы нѣсколько отличаются, какъ точкою отправленія, такъ и подробностями въ изложеніи, но все же ихъ часто соединяютъ въ одну, подъ именемъ гипотезы Канта-Лапласа.

Гипотеза Лапласа [2]) состоитъ въ слѣдующемъ: солнце и всѣ планеты составляли первоначально одну общую раскаленную газообразную массу, одаренную быстрымъ вращательнымъ движеніемъ; масса, охлаждаясь, сокращалась въ объемѣ, почему, въ силу принципа площадей, скорость вращенія увеличивалась, а подъ вліяніемъ центробѣжной силы внѣшніе слои у экватора оставались внѣ центральной главной массы въ видѣ колецъ, которыя въ свою очередь подвергались охлажденію и сжимались. Если бы сгущеніе частицъ въ каждомъ кольцѣ происходило правильно, то получился бы со временемъ рядъ концентрическихъ жидкихъ или плотныхъ колецъ, но такую правильность можно допустить, по мнѣнію Лапласа, лишь какъ исключительное явленіе, и потому солнечная система теперь представляетъ только одинъ примѣръ такого явленія — кольцо Сатурна. Кольца, видоизмѣняясь подъ вліяніемъ внутреннихъ и внѣшнихъ силъ, должны были разрываться на отдѣльныя массы, принимавшія сферическую форму и получавшія вращательное движеніе въ ту же сторону, въ которую онѣ двигались вокругъ центральнаго ядра. Такимъ образомъ образовались планеты, тогда какъ центральное ядро первоначальной туманной массы сократилось до современнаго объема солнца. Подобнымъ же образомъ образовывались и спутники планетъ изъ колецъ послѣднихъ.

Основаніемъ гипотезы послужило поразительное сходство въ движеніяхъ планетъ, какъ вокругъ солнца, такъ и вокругъ своихъ осей; подтвержденіе же гипотезы сторонники ея ви-

дятъ въ результатахъ спектральныхъ изслѣдованій надъ составомъ и современнымъ физическимъ состояніемъ міровыхъ тѣлъ. Эти изслѣдованія показываютъ, что, начиная съ такихъ туманностей, которыя не разложимы на звѣзды и кажутся намъ лишь свѣтлыми пятнами, и переходя послѣдовательно къ звѣздамъ, солнцу, планетамъ и кончая ближайшимъ къ намъ тѣломъ — луною, всѣ извѣстныя намъ міровыя тѣла однородны по составу и различаются лишь тѣмъ, что находятся въ разныхъ стадіяхъ охлажденія. Свѣтлыя пятна туманностей испускаютъ свѣтъ накаленныхъ газовъ; свѣтъ бѣлыхъ звѣздъ обнаруживаетъ лишь пары водорода и немногихъ металловъ; свѣтъ желтыхъ — пары металловъ и, наконецъ, свѣтъ красныхъ звѣздъ показываетъ существованіе уже химическихъ соединеній. Полагаютъ, что разница въ цвѣтѣ звѣздъ есть слѣдствіе разной степени раскаленности ихъ, — бѣлыя звѣзды наиболѣе раскалены, а красныя обладаютъ уже сравнительно низкою температурою, отчего и яркость ихъ крайне измѣнчива. Солнце по степени накаленности можно причислить къ желтымъ звѣздамъ. Далѣе, изслѣдованія показываютъ, что и наши крайнія планеты, отъ Юпитера до Нептуна, обнаруживаютъ свой собственный, хотя и весьма слабый свѣтъ, но уже Юпитеръ на столько охладился, что поверхность его находится повидимому въ тѣстообразномъ состояніи. Марсъ еще болѣе охлажденъ; онъ имѣетъ атмосферу, подобную нашей, и материки и водныя пространства, но материки безъ горъ, и границы ихъ крайне измѣнчивы, что можетъ быть приписано малой глубинѣ морей и частому обнаженію отмелей; въ общемъ-же физическое состояніе Марса подобно землѣ; тоже можно сказать про Венеру и отчасти про Меркурія. Наконецъ луна представляется на столько уже охлажденнымъ тѣломъ, что на ней нѣтъ воды и атмосферы, но такъ какъ наблюденія указываютъ на существованіе на лунѣ вулканическихъ кратеровъ, въ изверженіяхъ которыхъ, какъ извѣстно, всегда участвуетъ вода, то надо думать, что когда-то и на лунѣ была вода и атмосфера, и что онѣ исчезли вслѣдствіе значитель-

наго охлажденія луны, — охлажденія, которое намъ теперь предсталяется уже крайнимъ въ состояніи мірового тѣла.

Такимъ образомъ можно подобрать цѣлый рядъ міровыхъ тѣлъ, которыхъ современное состояніе представляетъ послѣдовательный рядъ разныхъ фазъ охлажденія — отъ раскаленной до бѣла туманности и звѣзды до совершенно остывшей луны. Особенно интересны туманности съ быстрымъ вращательнымъ движеніемъ, какъ, напримѣръ, туманность въ созвѣздіи Оріона; очертанія такой туманности показываютъ, что она подъ вліяніемъ центробѣжной силы, можетъ распадаться и невольно наводитъ на мысль, что то же самое могло произойти нѣкогда и съ туманностью солнечной системы. Рядъ же постепенныхъ фазъ охлажденія даетъ поводъ заключить, что каждое міровое тѣло проходитъ черезъ всѣ подобныя фазы, и что, слѣдовательно, земля составляла когда-то часть вращающейся раскаленной туманности, затѣмъ отдѣлилась и проходила послѣдовательно стадію бѣлыхъ, желтыхъ и красныхъ звѣздъ, затѣмъ нынѣшнее тѣстообразное состояніе Юпитера и, наконецъ, на столько охладилась, что на ней образовались моря и материки и началась органическая жизнь.

Гипотеза Лапласа, однако, не вполнѣ соотвѣтствуетъ современнымъ свѣдѣніямъ о солнечной системѣ; между прочимъ ею не объясняются открытыя уже послѣ Лапласа аномальныя движенія спутниковъ Урана и Нептуна, а также общепризнанная теперь метеорная природа кольца Сатурна, истинный способъ его вращенія и, наконецъ, движеніе кометъ, которыя Лапласъ исключалъ вовсе изъ солнечной системы и считалъ ихъ свѣтилами блуждающими и лишь случайно вступающими въ притягательную сферу солнца. Это обстоятельство послужило поводомъ созданія новыхъ гипотезъ, изъ которыхъ наиболѣе общеизвѣстна гипотеза астронома Фэя; сущность ея изложена въ примѣчаніи къ этому отдѣлу[3]), здѣсь же мы ограничимся лишь указаніемъ, что всѣ подобныя гипотезы исходятъ изъ совершенно произвольныхъ положеній. Одно лишь представляется

болѣе или менѣе вѣроятнымъ — это общность причины и одинаковость фазъ развитія различныхъ тѣлъ солнечной системы; сопоставленіе же состоянія міровыхъ тѣлъ, насколько послѣднія теперь извѣстны, и наблюдаемый нами теперь запасъ тепла внутри земли даетъ намъ нѣкоторое право предполагать, что земля была когда-то въ расплавленномъ состояніи, и потому можемъ принять это состояніе за исходную точку для дальнѣйшей исторіи земли, отъ момента образованія на ней твердой коры до настоящаго времени. Эта исторія полна крупными переворотами, и слѣды такихъ событій сохранились въ самой корѣ земной, въ погребенныхъ въ ней остаткахъ различныхъ раковинъ, животныхъ и растеній, и въ напластованіи разныхъ горныхъ породъ.

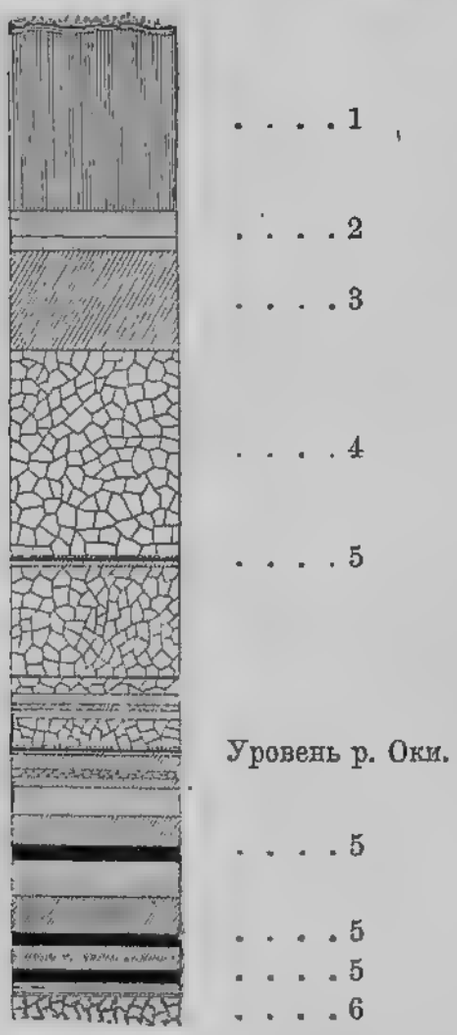
Обзоръ геологическихъ періодовъ.

Земная кора состоитъ изъ матеріала, который называютъ горною породою. Различаютъ три вида горныхъ породъ въ зависимости отъ способа ихъ образованія.

1) Осадочныя или слоистыя породы; онѣ отлагаются на днѣ водныхъ бассейновъ слоями или пластами изъ однороднаго матеріала. Чередованіемъ различныхъ пластовъ (чер. 10 и 11) отмѣчаются различныя послѣдовательныя фазы образованія этихъ породъ; сюда относятся песчаники, глины, известняки, каменный уголь и т. п. Образованіе осадочныхъ породъ происходитъ на счетъ матеріала, доставляемаго частью рѣками, а частью образующагося отъ разрушенія береговыхъ породъ, изъ остатковъ морскихъ организмовъ, растеній, или, наконецъ, выдѣляемаго изъ водъ химическимъ путемъ, какъ напр. поваренная соль, гипсъ и т. п.

2) Массивныя или изверженныя породы обнаруживаютъ зернисто-кристаллическое строеніе, безъ слоистости; онѣ возникли путемъ застыванія расплавленной, пропитанной углекислотою и

водянымъ паромъ, огненной массы, выброшенной изъ нѣдръ земли на поверхность, или же образовались отъ затвердѣнія подобной же массы на глубинѣ, подъ высокимъ давленіемъ, при условіяхъ отличныхъ отъ тѣхъ, которыя сопровождаютъ остываніе при современныхъ вулканическихъ изверженіяхъ. Такимъ образомъ образовались граниты, порфиры, трахиты, базальты и другія родственныя имъ породы[4]). Массивныя породы отличаются отъ осадочныхъ также и внѣшнимъ видомъ, представляясь въ формѣ куполовъ (чер. 12) и покрововъ (чер. 13), штоковъ и жилъ (чер. 14 и 15), прорѣзывающихъ осадочныя породы или же заполняющихъ трещины въ другой какой-либо породѣ. На чер. 16 на первомъ планѣ видны массивныя породы, а вдали — слоистыя.

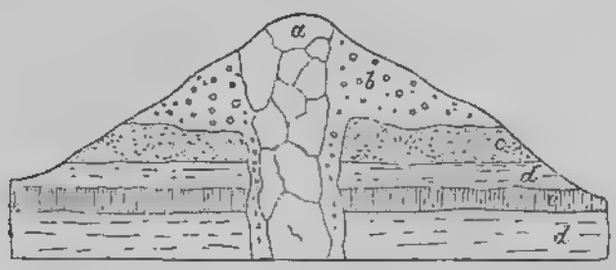


Чер. 10. Разрѣзъ каменноугольной шахты въ Петровскомъ (близъ г. Алексина Тульск. губ.).
1. Четвертичная темная глина.
2. Каменноугольный песокъ.
3. Каменноугольная глина.
4. Каменноугольный известнякъ.
5. Каменный уголь.
6. Девонскій известнякъ.

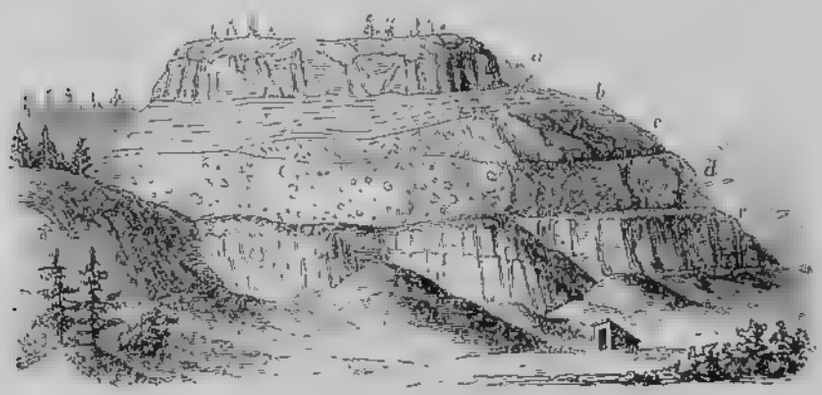
Всѣ минералы, образующіе массивныя породы, представляютъ соединенія кремнекислоты съ разными основаніями (силикаты), главнымъ образомъ съ глиноземомъ, окисью и закисью желѣза, магнезіею, известью, окисями калія, натрія и проч. Такого рода различными соединеніями образуются важнѣйшіе минералы — полевые шпаты, роговыя обманки, слюды и т. д.

Чер. 11. Кіевъ, лѣвый бокъ долины Лыбеди, у кирпичнаго завода Бернера. a) Лес. глина, b) сѣроватый песокъ съ прослойками глинистаго песчаника, c) желт.-охр. песокъ, d) коричн.-сѣров. песокъ, e) зеленов. песокъ, f) спондиловая глина.

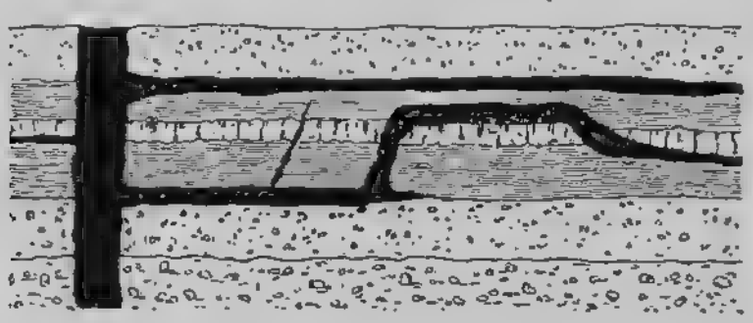
3) Кристаллическіе сланцы обладаютъ съ одной стороны слоистостью, свойственною осадочнымъ породамъ, а съ другой — кристаллическими частичками силикатовъ, ха-



Чер. 12. Базальтовый куполъ Цирнбергъ у Габихтсвальда.
a) Базальтъ, b) базальтовый конгломератъ, c) песокъ, д) пластическая глина, e) бурый уголь.

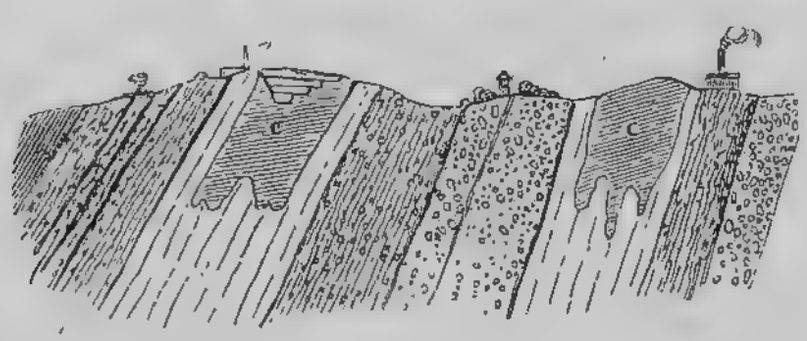


Чер. 13. Система массивныхъ покрововъ у Виквица, въ долинѣ Егера.
a) Оливиновый базальтъ, b) слоистый базальтовый туфъ, c) красно-бурый разрушенный базальтъ, d) базальтовый конгломератъ, e) миндалевидный базальтъ.



Чер. 14. Базальтовая жила о-ва Скай среди пластовъ песка и известняковъ.

рактеризующими массивныя породы. Сюда относятся гнейсы, слюдяные сланцы, статуйный мраморъ и друг. Происхожденіе этихъ породъ не достаточно выяснено. Одна изъ наиболѣе вѣроятныхъ гипотезъ полагаетъ, что при образованіи этихъ породъ главную роль играетъ огромное давленіе, вызываемое



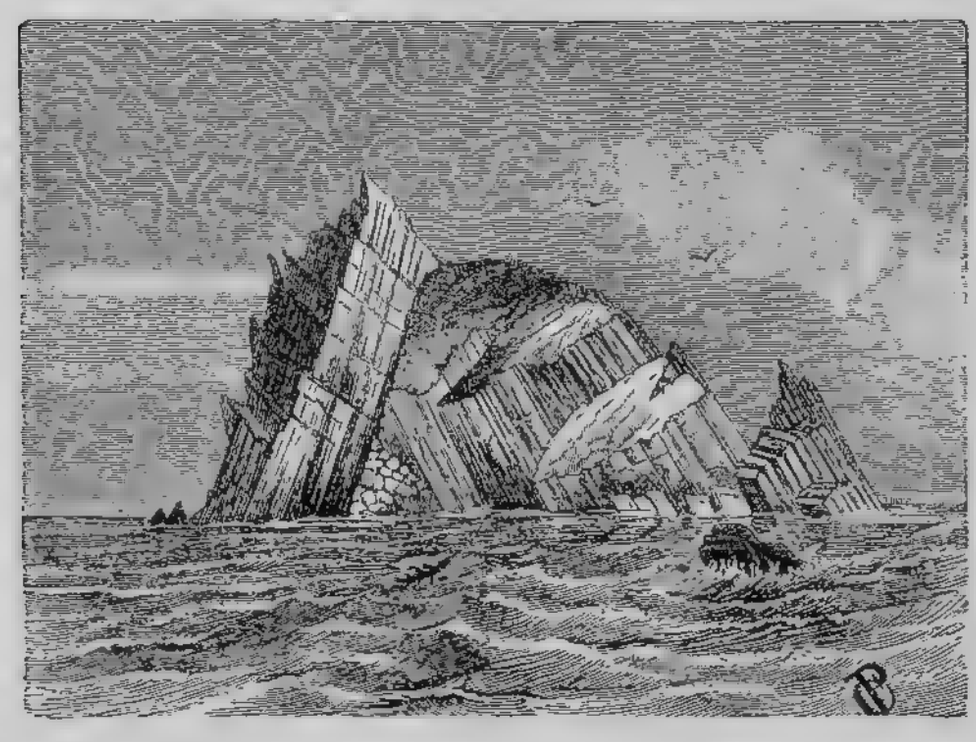
Чер. 15. c) Штоки.

сжатіемъ пластовъ при дислокаціи и образованіи горныхъ складокъ. Подъ такимъ давленіемъ песчаники, конгломераты и сланцы превращаются въ гнейсы, слюдяные сланцы и филлиты, известняки въ мраморы, граниты въ гнейсоподобные сланцы и т. д.

Чер. 16. Видъ съ пика Абайо въ Колорадо (по Гайдену).

Наиболѣе распространены осадочныя породы; онѣ залегаютъ въ земной корѣ самымъ различнымъ образомъ; въ немногихъ лишь мѣстахъ залеганіе оказывается нормальнымъ, т. е. сохранилось то самое положеніе пластовъ, въ какомъ они образовались, въ большинствѣ же случаевъ напластованіе болѣе или

менѣе нарушено. Нормальное положеніе осадочныхъ пластовъ горизонтальное или слегка наклонное, на сколько могло быть наклоннымъ дно бассейна, гдѣ происходило отложеніе. Нарушеніе же въ залеганіи породъ выражается болѣе или менѣе значительнымъ наклономъ пластовъ (чер. 17), изогнутостью, вертикальнымъ и даже опрокинутымъ ихъ положеніемъ, причемъ отдѣльныя группы слоевъ могутъ имѣть одно и тоже расположеніе пластовъ (согласное напластованіе) или же различное (несогласное).



Чер. 17. Древн. красный песчаникъ, несогласно налегающій на наклонные верхне-силурійскіе слои на о-вѣ Сибильгедъ (Sybil-Head), близъ Ирландіи.

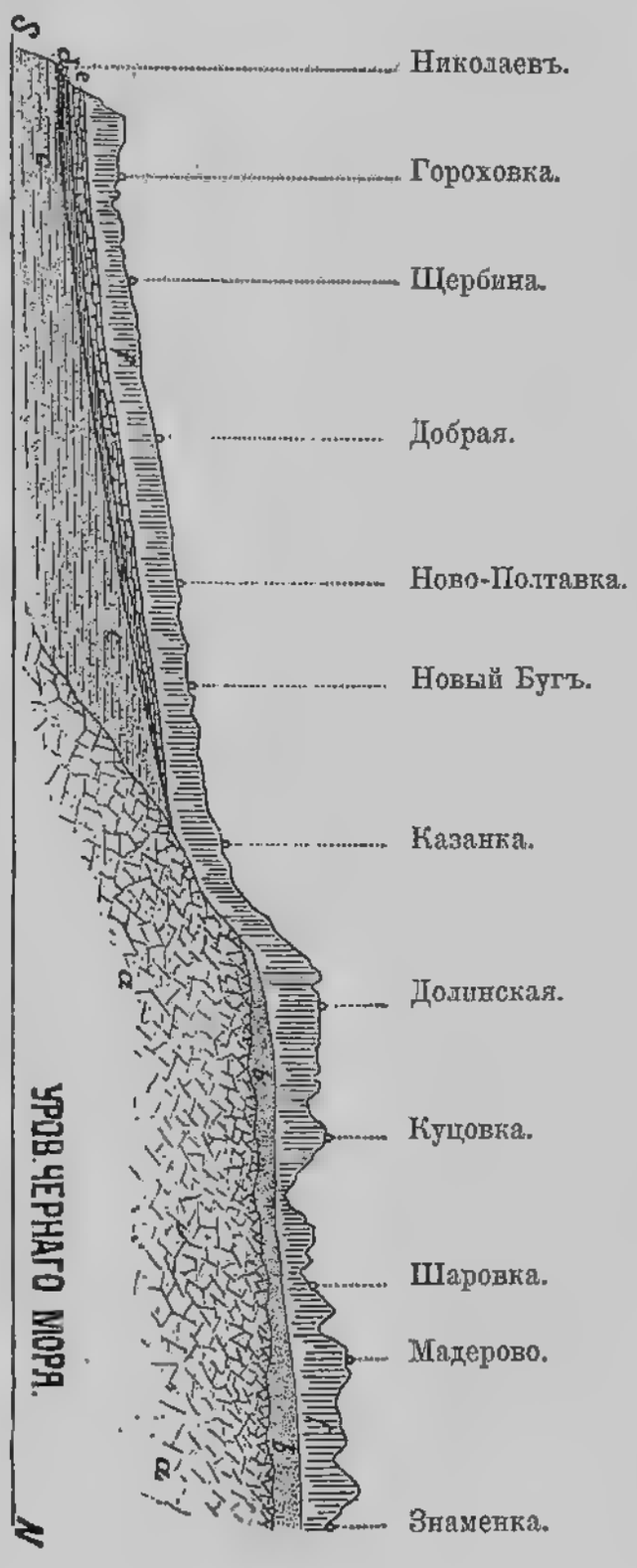
При положеніи пластовъ болѣе или менѣе нормальномъ не трудно опредѣлить относительную древность пластовъ; очевидно, тотъ пластъ образовался ранѣе, который лежитъ ниже. Подобнымъ образомъ можно установить извѣстную послѣдовательность по времени въ образованіи пластовъ въ каждомъ данномъ мѣстѣ. Но при сравненіи различныхъ мѣстъ, для сужденія о равновременности образованія пластовъ въ нихъ, недостаточно знать одно напластованіе, такъ какъ однѣ и тѣ же горныя по-

роды могли образоваться въ разныя эпохи и, наоборотъ, различныя породы въ одну и ту же эпоху. Въ этомъ случаѣ необходимо знаніе характера окаменѣлостей, заключающихся въ осадочныхъ пластахъ.

Изслѣдованія такихъ окаменѣлостей (составляющія предметъ палеонтологіи) показываютъ, что органическій міръ развивался постепенно, что появленіе однихъ и вымираніе другихъ видовъ слѣдовало въ общихъ чертахъ одному и тому же закону — закону болѣе или менѣе постепеннаго измѣненія и совершенствованія формъ. На этомъ основаніи, осадочныя породы различныхъ мѣстностей, содержащія однѣ и тѣ же органическія формы, могутъ быть причисляемы къ образованіямъ одного и того же времени. По характеру ископаемыхъ остатковъ, мы можемъ затѣмъ опредѣлить не только одновременность пластовъ, но и рѣшить вопросъ, принадлежатъ ли данные пласты къ морскимъ или прѣсноводнымъ отложеніямъ и даже дѣлать предположенія о климатѣ того времени. Такимъ образомъ, органическіе остатки составляютъ главное, и пока единственное, основаніе для сужденія о послѣдовательномъ развитіи земли, съ момента появленія органической жизни и до настоящаго времени. Необходимо однако замѣтить, что этотъ методъ изученія прошлаго земли встрѣчаетъ все же немалыя затрудненія, такъ какъ находимые остатки окаменѣлостей часто неполны, а затѣмъ не вполнѣ извѣстны намъ и условія прежней жизни.

Всю прошлую исторію земли геологи дѣлятъ на 4 эры, изъ которыхъ каждая дѣлится еще на періоды, а эти послѣдніе на эпохи. Дѣленіе это, конечно, искусственное, такъ какъ развитіе органическаго царства на землѣ со времени его появленія происходило, какъ сказано выше, постепенно, безъ всякихъ перерывовъ. Для подраздѣленія напластованія принята также хронологическая таблица съ замѣною терминовъ: эра, періодъ, эпоха, соотвѣтственно терминами — группа, система, отдѣлъ; въ нѣкоторыхъ случаяхъ вводятъ и подраздѣленія отдѣловъ.

Въ слѣдующей табличкѣ даемъ названіе группъ (эръ) и системъ (періодовъ) въ хронологическомъ порядкѣ начиная съ древнѣйшихъ.



Чер. 18. Геологическій разрѣзъ вдоль линіи жел. дор. отъ Знаменки до Николаева (a — гнейсо-гранитъ, b, c, d, e — третичные слои разнаго возраста, f — четвертичные слои.

I. Азойская группа (безжизненная), архейская тоже (отъ греческаго самая древняя, первоначальная).

II. Палеозойская группа (древняя).

Системы: 1. Кембрійская (по имени Кембрійскихъ горъ въ Уэльсѣ). 2. Силлурійская (по имени Силлуровъ, кельтскаго народа, первыхъ обитателей современнаго Уэльса). 3. Девонская (по имени графства Девонширъ въ Англіи). 4. Каменноугольная (по залеганію пластовъ каменнаго угля). 5. Пермская (по Пермской губ.).

III. Мезозойская группа (средняя).

Системы: 6. Тріасовая (отъ числа 3, потому что дѣлится на три рѣзко отличающіяся между собою отдѣла). 7. Юрская (по имени Юрскихъ горъ). 8. Мѣловая (по мѣловымъ отложеніямъ).

IV. Кенозойская группа (новая).

Системы: 9. Третичная (это 3-й періодъ по прежнимъ представленіямъ). 10. Четвертичная или диллювій (это 4-й періодъ по прежнему дѣленію; названіе же диллювій, обозначающее потопъ, произошло отъ того, что полагали, что въ этомъ періодѣ былъ всемірный потопъ).

11. Наше время.

Напластованія различныхъ системъ можно наблюдать или прямо въ береговыхъ обрывахъ морей, рѣкъ, въ горахъ, въ разрушенныхъ и размытыхъ участкахъ суши, или же путемъ искуственныхъ раскопокъ, въ глубокихъ шахтахъ, рудникахъ, буровыхъ скважинахъ и т. д. Однако трудно встрѣтить въ одномъ мѣстѣ весь послѣдовательный рядъ пластовъ отъ самыхъ древнихъ до новѣйшихъ; обыкновенно въ томъ или другомъ мѣстѣ происходитъ перерывъ въ хронологическомъ напластованіи; одни промежуточные слои вовсе отсутствуютъ, а другіе входятъ только какъ бы клиномъ (выклиниваются). Въ предлагаемомъ здѣсь для примѣра разрѣзѣ пластовъ (чер. 18) по дорогѣ отъ ст. Знаменки (Харьк.-Ник. ж. д.) до Николаева (Херсонской губ.), мы видимъ на древнѣйшихъ гнейсо-

гранитахъ залеганіе лишь третичныхъ и новѣйшихъ отложеній [5]).

При изложеніи отдѣльныхъ системъ мы ограничимся главнѣйшими выводами относительно распредѣленія материковъ и водъ и постепеннаго развитія органическаго міра, отмѣтивъ изъ послѣдняго для каждаго періода только нѣкоторыхъ представителей группъ ископаемыхъ, имѣющихъ руководящее значеніе при сравненіи отложеній.

Азойская эра обнимаетъ промежутокъ времени, въ теченіе котораго идетъ образованіе сначала твердой коры изъ огненно-расплавленной массы, затѣмъ океановъ и перваго континента. Первобытная твердая кора была вѣроятно болѣе или менѣе однообразная на всемъ протяженіи. Породы, къ ней относящіяся, представляютъ кристаллическіе сланцы; хотя эти породы встрѣчаются и въ позднѣйшія эпохи, но онѣ на столько характерны для азойской эры, что можно ихъ назвать фундаментомъ, на которомъ построена вся земная кора, начиная отъ возникновенія первыхъ на ней организмовъ до настоящаго времени. Они же доставили первый матеріалъ и для осадочныхъ породъ.

Съ образованіемъ тонкой коры дальнѣйшее охлажденіе земли повело къ комбинаціи разныхъ химическихъ элементовъ, къ образованію атмосферы и сгущенію водяныхъ паровъ. Страшные ливни лились на горячую кору, но еще много времени должно было пройти, чтобы отъ этихъ ливней могъ образоваться неглубокій всемірный океанъ. Этотъ океанъ вѣроятно былъ уже соленымъ. Это по крайней мѣрѣ вытекаетъ изъ того, что и первыя животныя принадлежали уже къ тѣмъ, которыя живутъ въ соленыхъ морскихъ водахъ. Вѣроятно поваренная соль предварительно распространена была въ парообразномъ состояніи въ атмосферѣ и растворилась дождями. Когда вся эта соль выдѣлилась изъ атмосферы, тогда только дождевая вода стала прѣсною.

Попытки опредѣлить продолжительность архейской эры приводятъ къ милліонамъ лѣтъ. Температура, при кото-

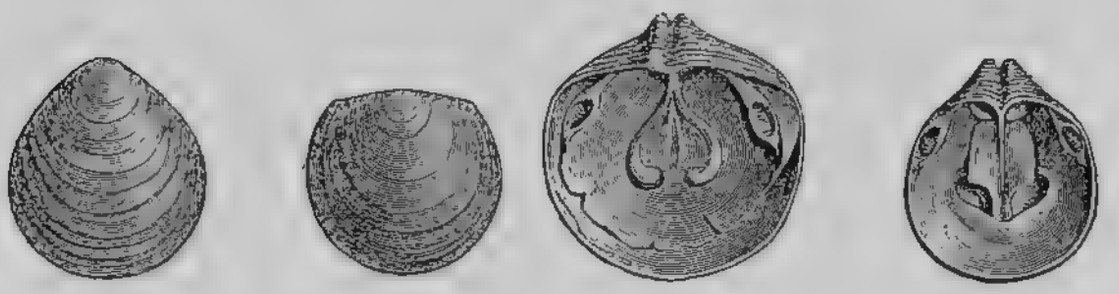
рой горныя породы были еще въ расплавленномъ состояніи, была не менѣе 2000°; къ концу-же архейскаго періода полагаютъ, что температура понизилась до 38°. Время, нужное для охлажденія поверхности земли съ 2000° до 38°, по вычисленію Гельмгольца, болѣе 350 милліоновъ лѣтъ. Томсонъ-же вычислилъ, что для охлажденія земли съ 2000° до нынѣшней температуры надо не болѣе 400 милліоновъ, но не менѣе 20 милліоновъ [6]). Въ тоже время вычисленія, основанныя на измѣненіи суточной скорости вращенія земли около оси, даютъ для всего возраста земли, отъ начала ея возникновенія, 20 милліоновъ лѣтъ. Эти вычисленія, конечно, не могутъ претендовать на какую-либо точность; они показываютъ только, какъ продолжительны должны быть вообще геологическіе періоды, — они должны считаться не съ тысячами, а съ милліонами лѣтъ.

Уже первая, образовавшаяся пленка коры земной не могла сохранить правильную сфероидальную форму; подъ вліяніемъ дальнѣйшаго охлажденія объемъ земли уменьшался и верхняя ея кора должна была тоже сокращаться, и это сокращеніе вызывало образованіе на ней неровностей, въ видѣ морщинъ и складокъ. Складки увеличивались, кора давала трещины, изъ которыхъ выливалась огненно-жидкая масса, которая остывала и увеличивала толщину коры, измѣняя въ тоже время въ проходахъ и трещинахъ состояніе первозданныхъ породъ. Такъ какъ океанъ былъ еще мелкимъ, то скоро часть неровностей коры выдвинулась изъ подъ воды и образовала первый континентъ. Этотъ континентъ, судя по обнаженію архейскихъ породъ, составляли части сѣв.-восточной Америки и Скандинавіи, Финляндія, Китай, часть Сибири и отдѣльные небольшіе кусочки въ южномъ полушаріи.

Палеозойская группа. Въ началѣ, въ кембрійскомъ періодѣ, континентъ подверженъ еще огромнымъ измѣненіямъ, какъ вслѣдствіе размягченности породъ подъ дѣйствіемъ внутренняго жара земли, такъ и вслѣдствіе начинавшагося уже размыванія океанскими волнами и дождями. Части суши то сжи-

маются отъ охлажденія и нагромождаются другъ на друга, то разрываются на части отъ размыва водами.

Въ кембрійскихъ отложеніяхъ, составляющихъ переходъ отъ кристаллическихъ къ осадочнымъ, большею частью песчано-глинистымъ, породамъ, находятъ впервые почти всѣ виды безпозвоночныхъ морскихъ животныхъ, за исключеніемъ пока коралловъ, но среди этой фауны особенно выдѣляются плеченогія (Brachiopoda, чер. 19) съ преобладаніемъ роговыхъ формъ.

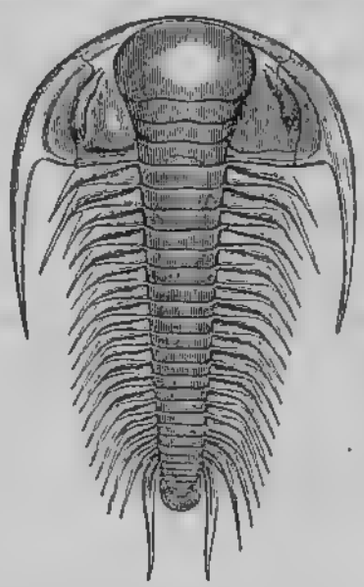


Чер. 19. Obolus Appolinis. Кембрійскія плеченогія изъ песчаника Петербургской губ. (немного увеличенъ).

Плеченогія или руконогія принадлежатъ къ типу червей, хотя по двустворчатымъ раковинамъ онѣ похожи на двустворчатыхъ моллюсокъ; отличительною чертою плеченогихъ является присутствіе двухъ спирально скрученныхъ рукъ, расположенныхъ по обѣ стороны ротового отверстія и покрытыхъ рѣсничками. Створки плеченогихъ бываютъ съ зубчато-замочными сочлененіями или безъ оныхъ; кембрійскія формы большею частью беззамковыя. Современныя плеченогія вообще имѣютъ болѣе высокую организацію и раковины ихъ состоятъ изъ извести, но по количеству видовъ онѣ уступаютъ кембрійскимъ. Всѣ плеченогія исключительно обитаютъ въ морѣ, большею частью на умѣренныхъ глубинахъ. Длина раковинъ около 2 д., нѣкоторыя ярко окрашены, но чаще всего бѣловатыя. Одинъ видъ ископаемыхъ Lingula и понынѣ живетъ и весьма мало измѣнился.

Среди ракообразныхъ, высшихъ животныхъ кембрійскаго періода, большую роль играетъ давно уже вымершій видъ—три-

лобиты (чер. 20), названные такъ по трехлопастной симметріи своего тѣла; они отличаются большимъ разнообразіемъ и по отношенію къ современнымъ ракамъ ближе всего подходятъ къ извѣстному роду мочехвостовъ (Limulus), отличающемуся среди ракообразныхъ своеобразною организаціею и существованіемъ трилобитообразной личинки.



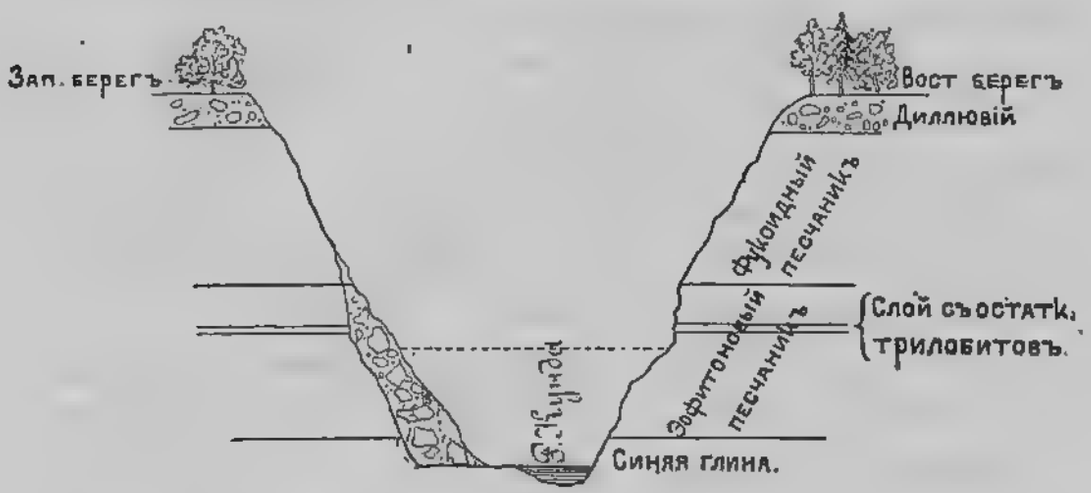
Чер. 20. Paradoxides bohemicus. Кембрійскій трилобитъ (въ $^1/_2$ ест. вел.).

Разнообразіе животныхъ въ кембрійскомъ періодѣ какъ бы указываетъ на то, что ископаемые этого періода не первые представители органической жизни на землѣ, и что эта жизнь могла проявиться и въ докембрійскомъ возрастѣ, но пока это еще не доказано. Необходимо однако отмѣтить, что при всемъ богатствѣ кембрійской фауны, она все же ниже по развитію соотвѣтственной фауны послѣдующихъ періодовъ.

Хотя кембрійскія отложенія слишкомъ мало еще изучены, чтобы можно было возстановить очертанія континентовъ, но тѣмъ не менѣе и теперь выясняются нѣкоторые изъ нихъ. Такъ сходство фаунъ этого періода Европы и Сѣв. Америки заставляютъ полагать, что на мѣстѣ Сѣв. Атлантическаго океана существовалъ тогда материкъ (Атлантида), простиравшійся на западѣ до Канады, а на востокѣ захватывавшій Гебридскіе и Лофоденскіе острова. Также, разница между отложеніями на востокѣ и западѣ Сѣв. Америки даетъ поводъ предполагать, что въ началѣ и серединѣ кембрійскаго періода средняя часть Соединенныхъ Штатовъ была сушею.

Въ Россіи кембрійскія отложенія изучены хорошо въ Прибалтійскомъ краѣ, гдѣ въ основаніи ихъ залегаетъ весьма нѣжная лѣпная синяя глина, обнажающаяся мѣстами въ обрывахъ

южнаго побережья Финскаго залива. Прекрасный примѣръ кембрійскихъ пластовъ представляетъ намъ разрѣзъ долины рѣчки Кунды (чер. 21), впадающей въ заливъ Кунды (южный берегъ Финскаго залива). Здѣсь надъ синею глиною лежитъ пластъ песчаника, нижняя часть котораго сѣроватаго цвѣта, мѣстами прослоена также глиною, носитъ названіе эофитонового песчаника, а верхняя съ желтою окраскою — фукоиднаго. Въ верхнемъ слоѣ эофитонового песчаника, на $1^1/_2$ м. выше уровня запруды, найдены инженеромъ Миквицемъ остатки самаго древняго представителя трилобитовъ Olenellus, а нѣсколько выше

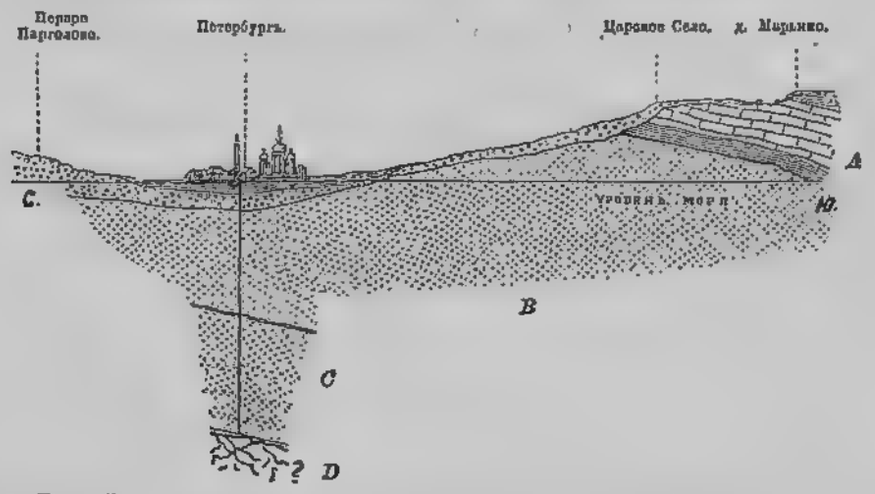


Чер. 21. Разрѣзъ долины р. Кунды.

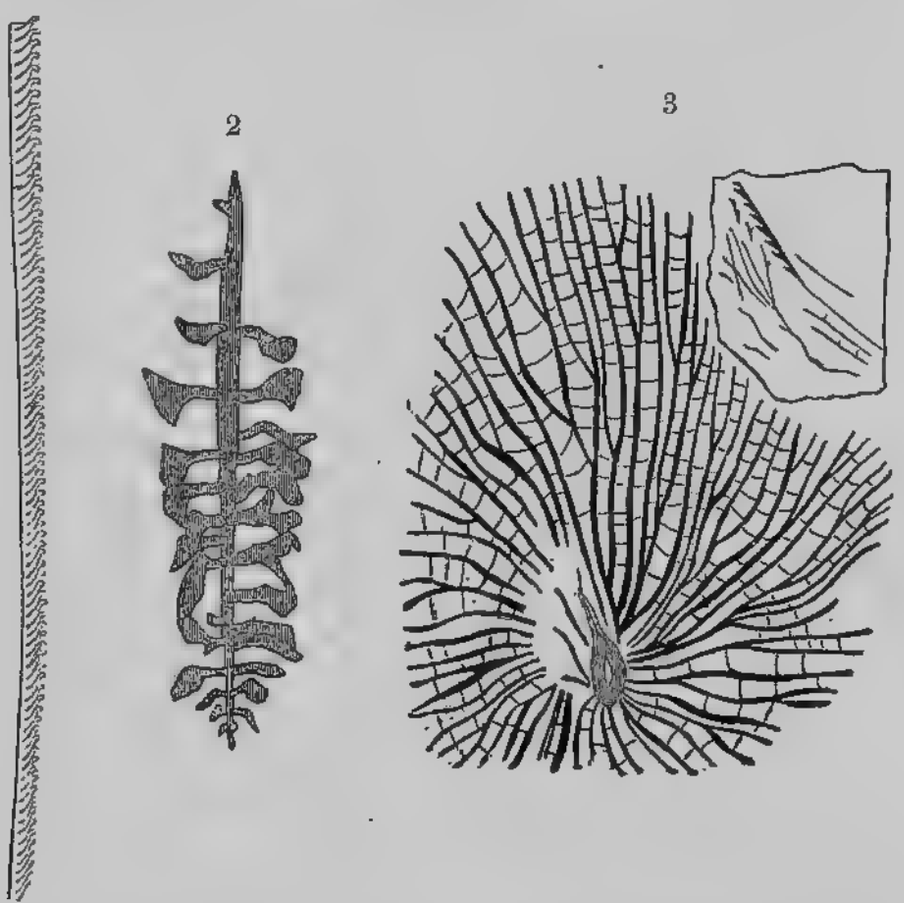
раковина плеченогого. Фукоидный песчаникъ заканчиваетъ собою наиболѣе раннія кембрійскія образованія. Часто въ немъ находятъ остатки, которыя признаются за ядра кембрійскихъ медузъ и слѣды ползающихъ животныхъ. Въ Петербургской губ. мѣстами надъ размытымъ фукоиднымъ песчаникомъ залегаетъ оболовой песчаникъ, названный такъ по массѣ находимыхъ въ немъ раковинъ плеченогого Obolus Appolinis. Подъ Петербургомъ (чер. 22) синяя глина переслаивается песчаникомъ и подстилается на глубинѣ 650 ф. архейскими породами, составляющими продолженіе финляндскихъ гнейсо-гранитовъ.

Въ силурійскихъ отложеніяхъ, состоящихъ преимущественно изъ песчаниковъ, глинистыхъ сланцевъ и известняковъ,

содержится уже богатая морская безпозвоночная фауна; особенно характерны для этихъ отложеній близкіе къ коралламъ граптолиты, различнаго вида головоногія и цистидеи.

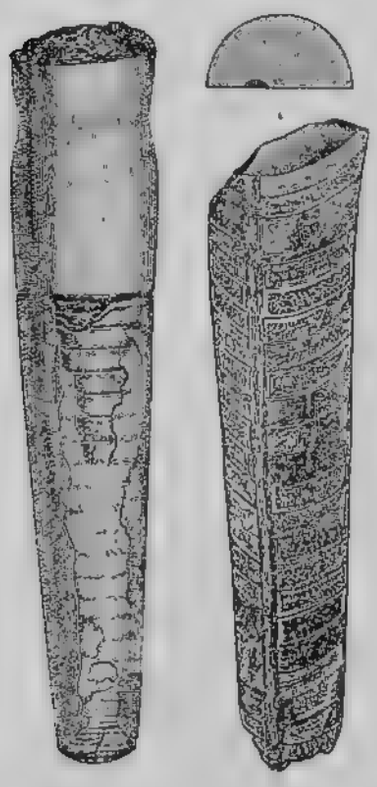


Чер. 22. Разрѣзъ пластовъ въ окрестностяхъ Петербурга. A — силурійскія породы, B — синяя глина (кембрійская), C — песчаникъ, D — гранитъ.



Чер. 23. Силурійскіе граптолиты: 1) Monograptus priodon (въ ест. вел.); 2) Diplograptus; 3) Dictyonema retiforme.

Граптолиты (отъ греч. писанный камень) получили свое названіе отъ табличекъ силурійскихъ известняковъ, на которыхъ остались оттиски этихъ животныхъ; эта группа давно уже вымерла. Скелетъ ихъ роговой; жили они колоніями, которыя поддерживались шестовидною осью съ каналомъ, соединяющимся съ ячейками, расположенными въ одинъ рядъ (Monograptus) или въ два (Diplograptus) и болѣе; особый родъ Dictyonema, безъ оси, представляетъ вѣтви съ ячейками (чер. 23).

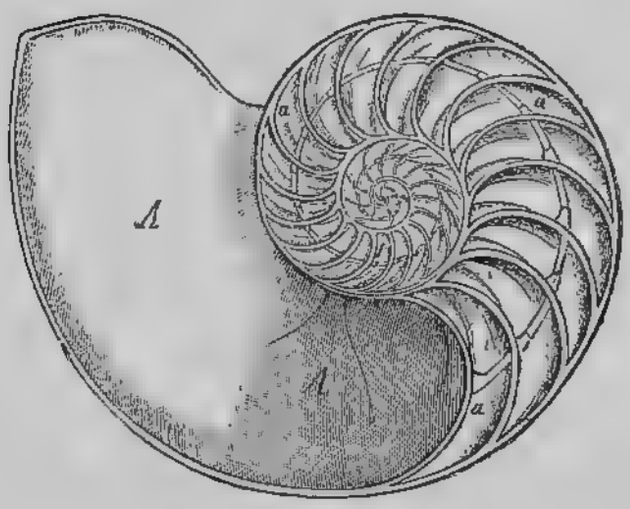


Чер. 24. Orthoceras Neptuneum. a) Съ частью скорлупы и обломаннымъ концомъ, b) продольный разрѣзъ, видны камеры, c) поперечный разрѣзъ.

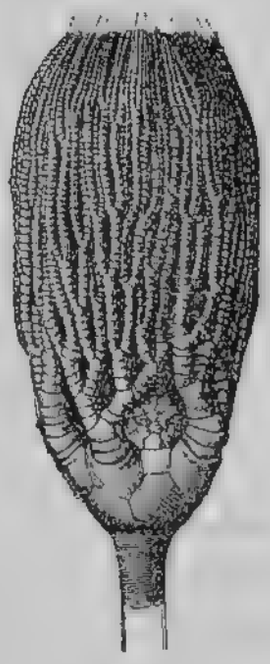
Головоногія (Cephalopoda) принадлежатъ къ наиболѣе совершеннымъ формамъ моллюсокъ, современные представители которыхъ каракатица, спрутъ или осьминогъ и т. п. Онѣ характеризуются обособленною головою и длинными мясистыми вокругъ рта щупальцами (руками), по числу которыхъ бываютъ осьминогія и десятиногія. Въ силурійскихъ ископаемыхъ выдѣляется группа наутилидъ (Nautilidae), изъ которой самый распространенный родъ Orthoceras (чер. 24) весьма характерный особенно для отложеній Скандинавіи, Россіи и Сѣв. Америки, гдѣ и известняки нижне-силурійскіе получили названіе ортоцератитоваго. Всѣ ископаемыя головоногія, а въ томъ числѣ и наутилиды, снабжены твердою известковою раковиною, раздѣленною перегородками на камеры, въ одной изъ которыхъ помѣщалось само животное. Потомками ископаемыхъ наутилидъ является единственный видъ, современный кораблик (Nautilus, чер. 25), съ ра-

ковиною свернутою въ правильную спираль, обороты которой прилегаютъ другъ къ другу.

Цистидеи (Cystidea) принадлежатъ къ классу морскихъ лилій (Crinoidea), типа иглокожихъ (Echinodermata), къ которому относятся также морскія звѣзды, морскіе ежи и голотуріи. Морскія лиліи имѣютъ чашечкообразное тѣло, съ правильно расположенными известковыми пластинками на спинной сторонѣ, ртомъ и порошицей на верхней или брюшной сторонѣ, и характеризуются присутствіемъ рукъ и членистаго стебелька, прикрѣпляющагося нижнимъ своимъ концомъ къ твердымъ предметамъ;



Чер. 25. Nautilus pompilius. Продольный разрѣзъ черезъ раковину.

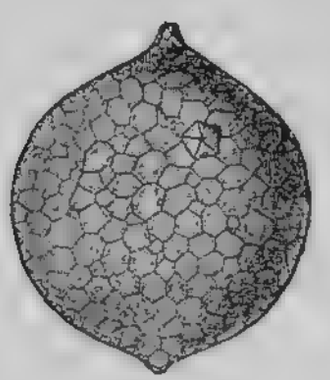


Чер. 26. Cyatocrinus ramosus. Морская лилія изъ верхнесилурійскихъ отложеній о-ва Готланда.

онѣ составляли когда то довольно многочисленный классъ, но теперь большинство ихъ исчезло. Силурійскія лиліи представлены нѣсколькими родами, изъ которыхъ одинъ Cyathocrinus изображенъ на чер. 26. Цистидеи, исключительно ископаемый родъ, отличаются слабымъ развитіемъ рукъ и стебелька; ихъ шарообразный черепокъ (чер. 27) сложенъ изъ многоугольныхъ известковыхъ табличекъ съ мелкими отверстіями; ротъ почти

центральный и высылаетъ щупальцевыя бороздки къ близлежащимъ рукамъ. Цистидеи появляются уже въ кембрійскомъ періодѣ, но достигаютъ своего максимума въ силурійскомъ возрастѣ земли, и затѣмъ мало по малу исчезаютъ.

Въ силурійскомъ періодѣ также получаютъ немалое значеніе строющіеся кораллы, представленные двумя группами: четырехлучевые (Tetracoralla, чер. 28) и трубчатые (Tabulata),



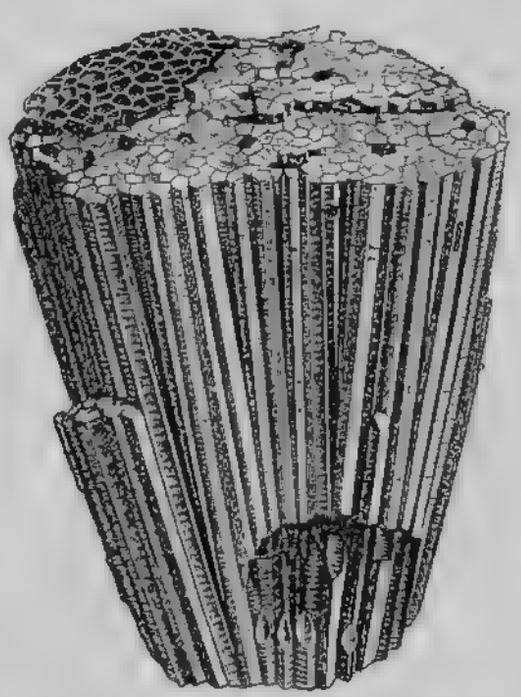
Чер. 27. Echinosphaerites aurantium. Силур. цистидея.

Чер. 28. Omphyma subturbinatum. Четырехлучев. кораллы изъ верхнесилурійскихъ отложеній о-ва Готланда (видъ сбоку).

которые хотя и похожи по наружному виду на современные кораллы, но по внутреннему строенію существенно отличаются отъ послѣднихъ. У ископаемыхъ коралловъ между прочимъ число щупалецъ у рта и соотвѣтственно этому число радіальныхъ перегородокъ и камеръ внутри трубовиднаго тѣла четыре, а у современныхъ ихъ восемь, шесть или кратное число шести, а потому первые носятъ названіе четырехлучевыхъ, а послѣдніе— шести и восьмилучевыхъ. Трубчатые кораллы представляютъ простые полипы, и соединенные въ колоніи, съ трубчатымъ скелетомъ, безъ перегородокъ. Изъ послѣднихъ коралловъ особенно распространенъ былъ родъ Favosites (чер. 29), котораго колоніи по внѣшнему виду похожи на пчелиныя соты.

Изъ ракообразныхъ, трилобиты, хотя и увеличиваются въ видовомъ отношеніи, но уже не играютъ той роли, какъ въ

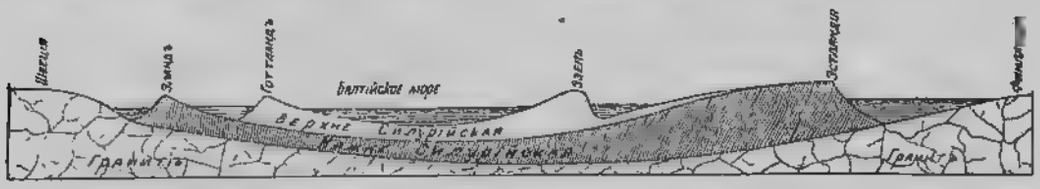
кембрійскомъ періодѣ; въ тоже время встрѣчаются ракообразныя, огромнѣйшія (до 7 футъ длиною) изъ всѣхъ когда либо существовавшихъ до сихъ поръ, составляющія особую группу эйриптеридъ (Euripteridae), происшедшую однако, по всей вѣроятности, отъ предковъ общихъ съ трилобитами.



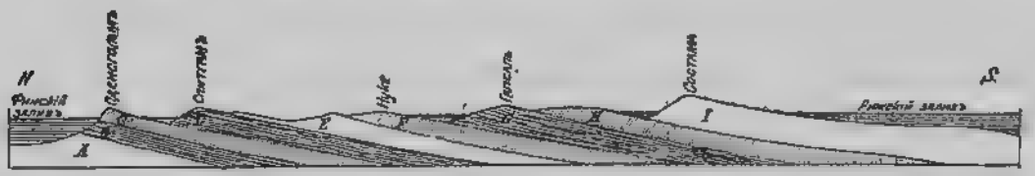
Чер. 29. Favosites. Трубчатые силур. кораллы.

Въ силурійскомъ періодѣ наконецъ впервые появляются рыбы и немногіе весьма скудные остатки обнаруживаютъ присутствіе на сушѣ растеній и насѣкомыхъ (скорпіонъ).

Силурійскія отложенія, также какъ и кембрійскія, хорошо могутъ быть прослѣжены въ Прибалтійскомъ краѣ и на островахъ Балтійскаго моря. Какъ примѣръ такихъ отложеній мы даемъ здѣсь разрѣзъ Балтійскаго моря по Шмидту [7]) отъ Финляндіи до Швеціи (чер. 30) и отъ Оденсхольма (Финск. зал.) къ Рижскому Заливу (чер. 31).



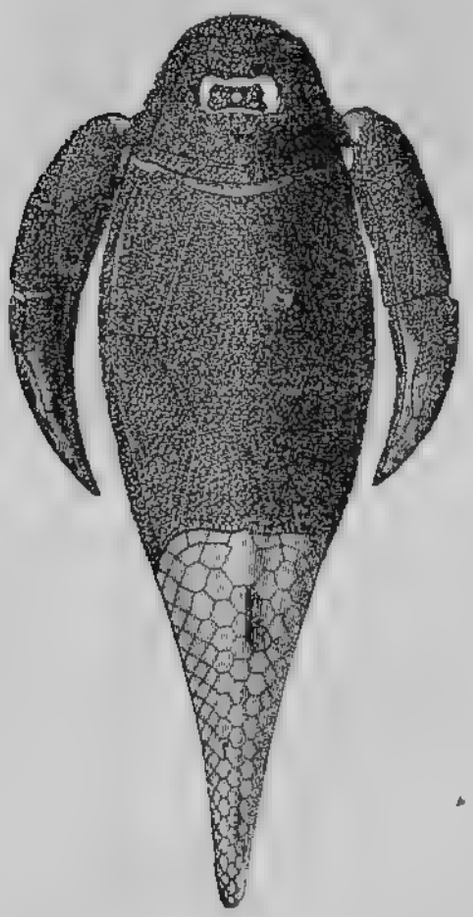
Чер. 30. Разрѣзъ пластовъ отъ Финляндіи до Швеціи.



Чер. 31. Разрѣзъ пластовъ отъ Финскаго зал. къ Рижскому.

Различные слои — кембрійскіе (A), нижне-силурійскіе (отъ B до F) и верхне-силурійскіе (отъ G до J) — расположены всѣ

наклонно; силурійскіе слои состоятъ большею частью изъ известняковъ, которое носятъ различныя названія въ зависимости или отъ мѣста наблюденія ихъ, или же отъ содержанія ископаемыхъ остатковъ, какъ напр. F—Боркгольмскій слой по имени мѣстности, а C—эхиносферитный известнякъ по имени остатковъ Echinospherites aurantium и т. п.

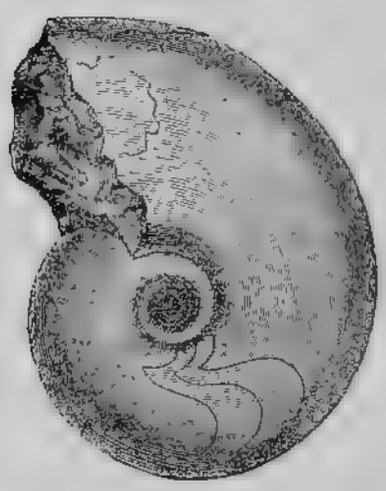


Чер. 32. Pterichthys (немного уменьшен.).

Въ девонскомъ періодѣ рыбы достигаютъ значительнаго развитія; много ихъ находятъ въ тѣхъ отложеніяхъ Россіи, Англіи и Сѣв. Америки, которыя извѣстны подъ названіемъ древняго краснаго песчаника. Особенно характерны панцырныя рыбы, представленныя группою птерихтидъ, изъ которыхъ Pterichtys (чер. 32) является одною изъ маленькихъ по величинѣ. Далѣе имѣемъ акулоподобные виды, остатки которыхъ однако мало сохранились, и затѣмъ ганоидныя рыбы, покрытыя твердою чешуею и имѣвшія многочисленныхъ представителей въ древнихъ моряхъ. Въ настоящее время къ ганоидамъ относятся лишь немногія живыя формы, какъ осетръ, живущій въ моряхъ сѣв. полушарія, особенно въ Каспійскомъ, и извѣстный какъ странствующая рыба, которая подымается въ рѣки, и затѣмъ костистые ганоиды, живущіе въ рѣкахъ Сѣв. Америки и Африки.

Девонскій міръ безпозвоночныхъ мало отличается отъ силурійскаго. Наиболѣе значительныя измѣненія замѣчаются въ

головоногихъ, среди которыхъ наутилиды уменьшаются въ числѣ и какъ бы замѣщаются близкою къ нимъ новою группою аммонитидъ (Goniatites; чер. 33), отличающеюся уже сложностью линій прикрѣпленія перегородокъ къ стѣнкамъ раковинъ, но эта группа выдающуюся роль играетъ только въ позднѣйшіе періоды. Изъ ракообразныхъ поражаетъ своею величиною Pterigotus anglicus (чер. 34), изъ группы эйрипте-



Чер. 33. Goniatites intumescens. Девонскіе аммониты.

Чер. 34. Pterygotus anglicus (сильно уменьш.). а) клешня (въ $1^1/_2$ раза уменьшенная).

ридъ, найденный въ отложеніяхъ древняго краснаго песчаника Шотландіи.

Примѣръ обнаженія древняго краснаго песчаника см. на чер. 17.

Относительно распредѣленія материковъ полагаютъ, что въ силурійскомъ и девонскомъ періодахъ продолжали существовать Атлантида, а Европа и Сѣв. Америка представляли большею

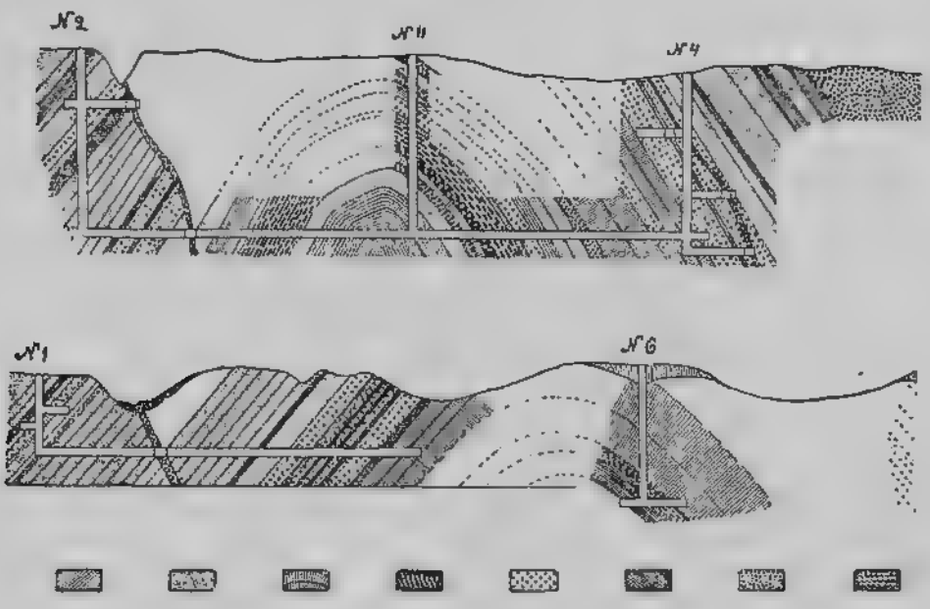
частью морскіе бассейны съ коралловыми островами. Коралловые девонскіе известняки встрѣчаются во многихъ мѣстахъ Сѣв. Америки, и въ Европѣ — въ юго-западной Англіи, сѣв. Франціи, Богеміи, Силезіи, Истріи и т. д. Островъ Готландъ является однимъ изъ лучшихъ коралловыхъ рифовъ палеозойской эры.

Въ каменноугольномъ періодѣ пространство суши чрезвычайно увеличивается и покрывается богатою растительностью — древесными папоротниками, каламаріями (въ родѣ современныхъ хвощей), лепидодендронами и сигилларіями. Лепидодендроны достигали часто 20 саж. высоты и имѣли жесткія щетинистыя листья, и огромныя вѣтви ихъ оканчивались шишковидными плодоносными колосками. Ближайшіе родственные имъ виды въ настоящее время представляютъ мелкіе стелющіеся по землѣ плауны. Сигилларіи похожи во многомъ на лепидодендроновъ, но стволы или вовсе безъ вѣтвей или же имѣли лишь небольшія вѣтви. Этой богатой растительности, нѣкоторое понятіе о которой даетъ намъ чер. 35, мы обязаны существованіемъ залежей каменнаго угля, столь важнаго продукта для современной промышленности[8]). Образованія каменноугольнаго періода раздѣляютъ между прочимъ на отложенія открытаго моря и отложенія прибрежно-наземныя. Первыя характеризуются такъ называемымъ горнымъ известнякомъ, съ массою морскихъ окаменѣлостей, тогда какъ въ прибрежно-наземныхъ отложеніяхъ, называемыхъ также продуктивными, залегаетъ преимущественно каменный уголь. По залежамъ пластовъ угля и дано названіе всему періоду, хотя уголь встрѣчается и въ другіе періоды, и мощность этихъ залежей въ каменноугольномъ періодѣ вовсе не имѣетъ преобладающаго характера; отложенія этого періода состоятъ также изъ песчаниковъ, известняковъ, сланцеватыхъ глинъ и т. п., какъ это видно изъ сѣченія пластовъ на чер. 10 и разрѣза каменноугольныхъ шахтъ въ Донецкомъ бассейнѣ (чер. 36). Среди этихъ образованій, отложенныхъ какъ на

Чер. 35. Растительность каменноугольнаго періода (съ правой стороны каламаріи, съ лѣвой—лепидодендроны и сигилларіи).

морскихъ болотистыхъ прибрежьяхъ, такъ и въ средиматериковыхъ прѣсноводныхъ бассейнахъ, пласты каменнаго угля появляются лишь болѣе или менѣе мощными прослойками

Древесина и листья растеній падали въ мелкія морскія бухты, болота и озера, и покрывались глинами и песчаниками, приносившимися въ эти бассейны рѣками; растенія, закрытыя минеральными пластами, отъ постепеннаго и медленнаго тлѣнія, превратились со временемъ въ каменный уголь.

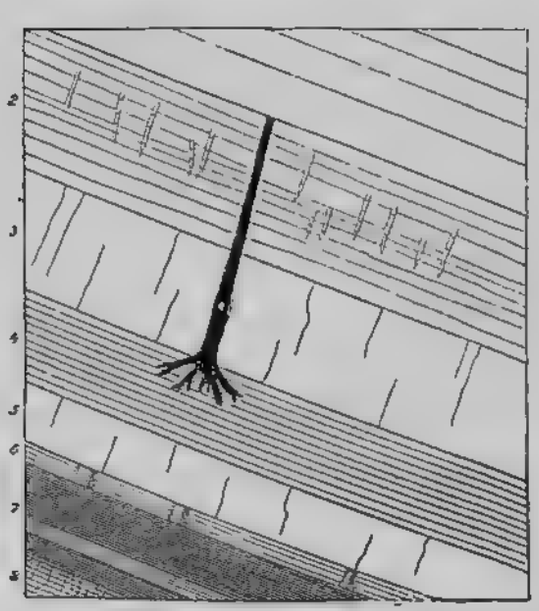


Чер. 36. Разрѣзъ каменноугольныхъ шахтъ у ст. Никитовки Донецкаго бассейна.

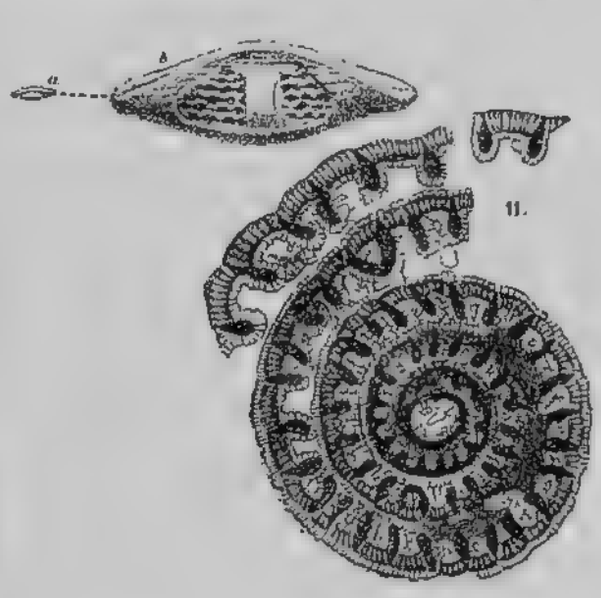
Образованія каменнаго угля могли произойти какъ изъ растительныхъ обломковъ, снесенныхъ въ низины рѣками и потоками, такъ и изъ растеній на мѣстѣ; на послѣдній способъ даютъ намъ указанія встрѣчаемыя теперь мѣстами въ каменноугольныхъ отложеніяхъ хорошо сохранившіеся остатки пней и стволовъ деревьевъ, погребенныхъ въ томъ положеніи, въ какомъ они росли (чер. 37) на поверхности земли.

Распространеніе каменноугольной системы чрезвычайно велико и показываетъ, что почти все пространство отъ 30 до 70°

сѣв. широты было покрыто въ данномъ періодѣ почти одинаковою растительностью, что въ свою очередь приводитъ къ заключенію, что вездѣ здѣсь былъ равномѣрный, влажный, теплый климатъ. Предположеніе о томъ, что равномѣрность климата могла происходить вслѣдствіе насыщенія атмосферы углекислотою и водяными парами, закрывавшими землю отъ солнечныхъ лучей и производившими какъ бы постоянныя сумерки, Неймайеръ считаетъ мало вѣроятнымъ, такъ какъ при



Чер. 37. Разрѣзъ черезъ каменноугольныя отложенія южн. Джоггинса въ Новой Шотландіи.
1—6. Песчаникъ и сланцы со стволами и корнями деревьевъ.
7. Пластъ каменнаго угля съ прослоемъ сланца.
8. Песчаная сланцеватая глина.



Чер. 38. Fusulina montipara.
II. Средній поперечный разрѣзъ.

недостаткѣ солнечнаго свѣта едва ли могла бы развиться богатая растительность, и притомъ нѣтъ основанія предполагать огромнаго количества углекислоты въ атмосферѣ. По мнѣнію Неймайера, при атмосферѣ болѣе богатой углекислотой, чѣмъ теперь, происходило бы и вывѣтриваніе известняковъ быстрѣе, и тогда бы измѣнился составъ морской воды, а слѣдовательно и фауна морей. Но морскія животныя каменноугольнаго періода мало отличаются отъ животныхъ другихъ системъ. Въ то же

время и насѣкомыя этого періода также указываютъ на то, что условія жизни тогда мало отличались отъ современныхъ. Однако отсутствіе зеленой листвы и яркихъ красокъ какъ бы говоритъ въ пользу того, что въ разсматриваемомъ періодѣ существовали особыя условія свѣта, отличныя отъ современныхъ.

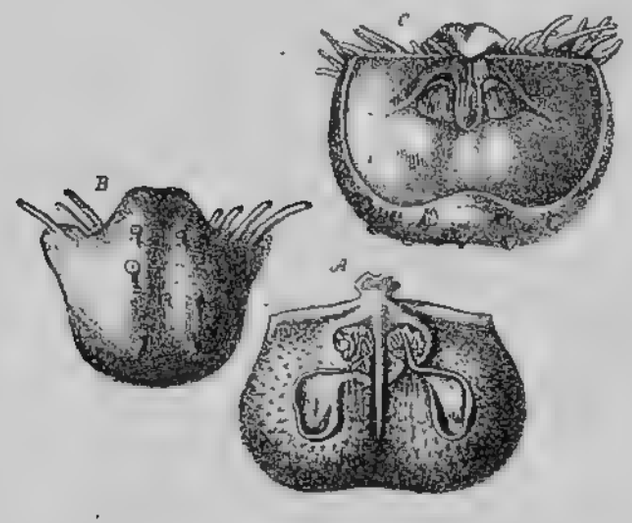
Въ животномъ царствѣ нѣкоторые виды почти исчезаютъ (трилобиты, наутилиды, цистидеи) и замѣняются новыми. Въ морской фаунѣ характерны массы корненожекъ, и спеціально фузулиниды (чер. 38), образовавшіе мощные известняки въ Россіи, въ области Средиземнаго моря, Японіи, Китаѣ и т. д.

Корненожки (Rhizopoda) принадлежатъ къ типу первичныхъ животныхъ (Protozoa); обладая известковою раковинкою или кремневымъ скелетомъ, онѣ играютъ огромную роль въ строеніи земной коры накопленіемъ своихъ скелетовъ на днѣ морей; только немногія формы водятся въ прѣсной водѣ. Фузулины составляютъ особое семейство въ группѣ ископаемыхъ корненожекъ; скорлупка ихъ известково-песчанистая, шаровидная, величиною съ горошинку, или вытянутая цилиндрическая, иногда достигающая до 2 дюйм. въ длину.

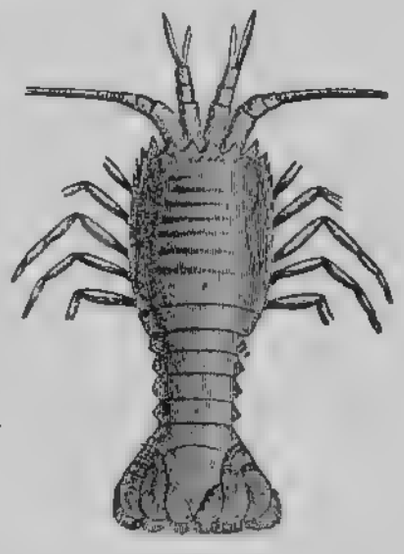
Затѣмъ, руководящею формою каменноугольнаго известняка является между прочимъ родъ Productus изъ плеченогихъ, представители котораго достигаютъ иногда огромныхъ размѣровъ. Нѣкоторые виды имѣютъ на створкахъ длинныя трубочки (чер. 39), служившія вѣроятно для прикрѣпленія къ листьямъ водяныхъ растеній. Изъ другихъ существовавшихъ ранѣе формъ отмѣтимъ болѣе высоко-организованныя формы раковъ (чер. 40), близкія уже къ современнымъ, а среди рыбъ развиваются особенно ганоиды. Въ каменноугольномъ періодѣ, затѣмъ, появляются впервые голые гады (амфибіи), изъ вымершей группы лабиринтодонтовъ, которые вмѣстѣ съ признаками амфибій соединяютъ въ себѣ и признаки пресмыкающихся, и потому могутъ считаться родоначальными формами тѣхъ и другихъ. — Одни изъ нихъ напоминаютъ саламандръ, другія

ящерицъ или маленькихъ крокодиловъ, или имѣютъ змѣевидную форму.

Пермская система, составляющая переходъ къ мезозойской группѣ, называется также діасомъ на томъ основаніи, что отложенія ея въ Германіи и Англіи распадаются на два отдѣла: нижній составляютъ песчаныя породы (называемыя въ Германіи мертвымъ краснымъ лежнемъ — мертвымъ потому, что въ немъ нѣтъ руды, а въ Англіи называютъ ихъ новымъ краснымъ песчаникомъ въ отличіе отъ стараго девонскаго), съ глинами и съ



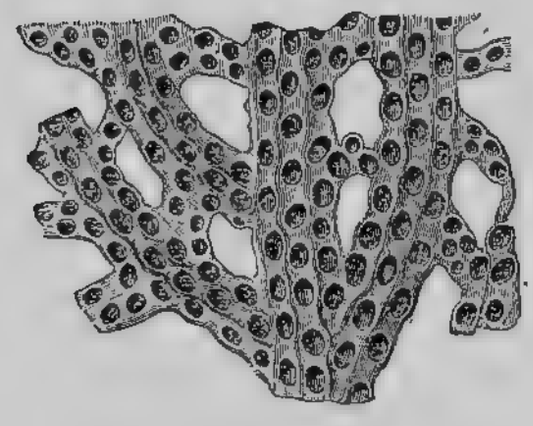
Чер. 39. Productus horridus.



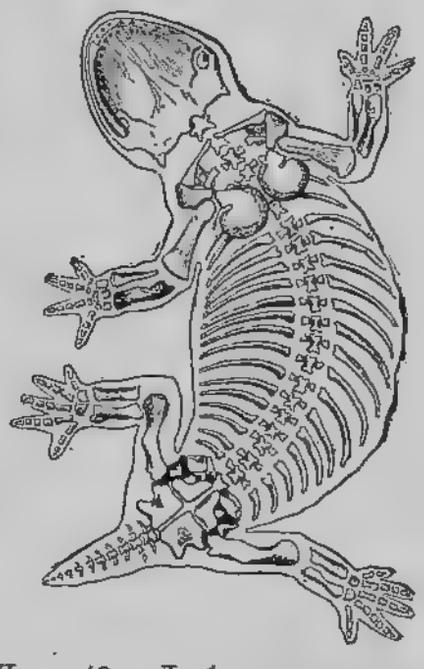
Чер. 40. Anthracopalaemon. Десятиногій ракъ изъ каменноугольныхъ пластовъ Сѣв. Америки.

остатками наземныхъ растеній, насѣкомыхъ, гадовъ и т. п. окаменѣлой фауны, съ прослойками известняка и прорѣзываемыя гранитами, порфирами и другими изверженными породами; верхній слой составляютъ морскія известняковыя породы, называемыя цехштейномъ, съ богатою особями морскою фауною и съ мощными залежами гипса и каменной соли, между которыми особенно замѣчательны залежи каменной соли въ Германіи, въ Стассфуртѣ, близъ Магдебурга. Въ Германіи, также какъ и въ Англіи, цехштейнъ подстилается мѣдистымъ сланцемъ, но нигдѣ, повидимому, пермская система не богата такъ

мѣдною рудою, какъ на западной сторонѣ Урала. Въ Россіи пермская система не обнаруживаетъ такого раздвоенія, какъ выше указано, а такъ какъ и въ другихъ странахъ часто бываетъ трудно различить два отдѣла, то системѣ дано названіе болѣе общее — по Пермской губерніи, потому что отложенія этой системы занимаютъ тамъ огромныя пространства. Въ средней Европѣ и въ Альпахъ пермскія отложенія обнаруживаютъ горообразовательные процессы, начавшіеся уже въ каменноугольномъ періодѣ.



Чер. 41. Fenestella retiformis. Колонія пермскихъ мшанокъ (въ естест. велич.).



Чер. 42. Лабиринтодонтъ (почти въ $^1/_8$ естест. велич.). Изъ пестрыхъ песчаниковъ окрестностей Базеля.

Въ пермской системѣ, состоящей, подобно предшествующей системѣ, изъ морскихъ и прѣсноводныхъ отложеній, фауна и флора близки къ каменноугольной, но какъ бы бѣднѣе послѣдней. Среди морской фауны главную роль играютъ, между прочимъ, мшанки (Bryozoa), маленькія животныя типа моллюскообразныхъ, похожіе на полиповъ по внѣшности и по склонности образовывать колоніи (чер. 41), и, подобно нынѣшнимъ коралламъ, строившіе береговые рифы. Названіе мшанки полу-

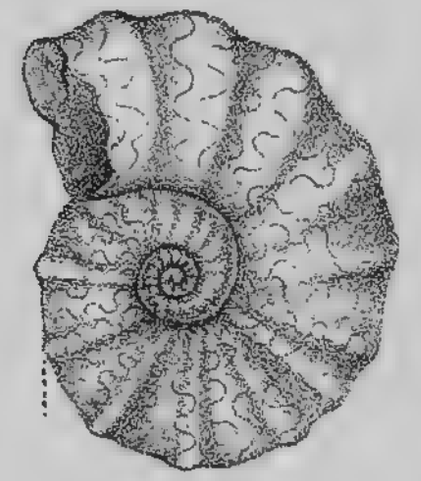
чили по сходству своихъ древовидныхъ колоній со мхомъ; колоніи бываютъ роговой или известковой и рѣдко студенистой консистенціи, и каждое животное сидитъ въ ячейкѣ, которыхъ форма, также какъ и способъ соединенія, крайне разнообразны. Изъ лабиринтодонтовъ отмѣтимъ здѣсь экземпляръ изъ пестрыхъ песчаниковъ окрестностей Базеля (чер. 42). Въ пермской системѣ появляются впервые настоящія пресмыкающіяся,

Чер. 43. Плита со слѣдами хиротерія (Chirotherium) и выполненіями трещинъ высыханія.

высшія животныя этого періода, но необыкновенно богатаго развитія они достигаютъ лишь въ слѣдующую мезозойскую эру, обнимающую собою три періода — тріасовый, юрскій и мѣловой.

Мезозойская группа. Тріасовая система названа такъ потому, что въ Германіи, гдѣ она наиболѣе изучена, распадается на три отдѣла: нижній съ преобладаніемъ пестраго разноцвѣтнаго песчаника, средній — раковинный морской извест-

някъ, и верхній — кейперъ, состоящій преимущественно изъ разноцвѣтныхъ мергелей. Такое подраздѣленіе, также какъ и въ Пермской системѣ, не имѣетъ общаго значенія для всѣхъ мѣстностей. Пестрый песчаникъ, представляющій прекрасный строительный матеріалъ, вообще бѣденъ органическими остатками, но на его плитахъ встрѣчаются довольно часто отпечатки ступней какого-то животнаго, названнаго хиротеріемъ (рукозвѣрь, чер. 43) по сходству ступни съ рукою. Образованіе этихъ отпечатковъ, какъ полагаютъ, произошло на сушѣ, отъ слѣдовъ на влажномъ, немного глинистомъ, грунтѣ, заполненныхъ затѣмъ при наступаніи моря новыми песчаными отложеніями.

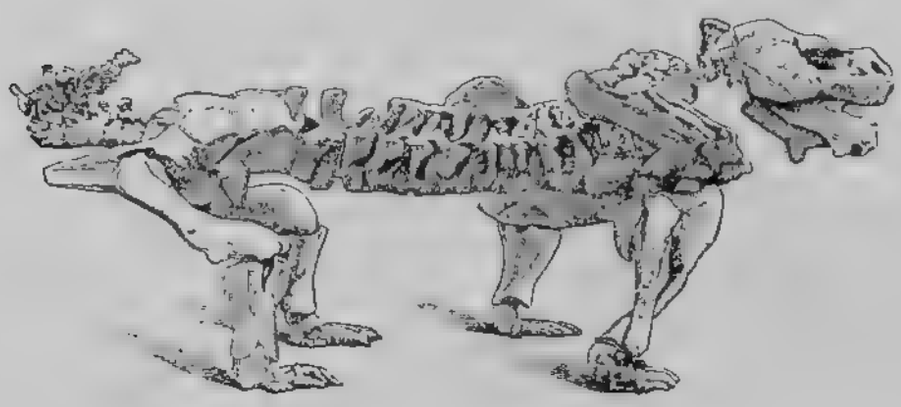


Чер. 44. Ceratites nodosus.

Раковинный известнякъ, чисто морского происхожденія, въ нижнихъ своихъ слояхъ часто является въ видѣ землистаго доломита съ гипсомъ и каменною солью и очень бѣденъ окаменѣлостями; верхній же его слой представляетъ обыкновенный сѣрый известнякъ съ небольшимъ содержаніемъ глины и массою окаменѣлостей, среди которыхъ преобладаютъ двустворчатыя и брюхоногіе, типа моллюсковъ, къ которымъ относятся всѣ такъ называемыя улитки; изъ головоногихъ же особенно распространенъ видъ аммонитовъ Ceratites nodosus (чер. 44). Въ кейперѣ исчезаетъ уже морская фауна и обнаруживаются только наземныя растенія (хвощи, папоротники и хвойныя) и остатки позвоночныхъ въ видѣ лабиринтодонтовъ и пресмыкающихся (нотозавры, динозавры, аэтозавры, пареіозавры (чер. 45 и 46), родственный нынѣшнимъ крокодиламъ огромный Belodon (чер. 47) и т. п.). Отъ лабиринтодонтовъ сохранились только одни черепа, но по величинѣ ихъ надо полагать, что въ этотъ періодъ лабиринтодонты достигали колоссальныхъ размѣровъ,

послѣ чего стали быстро вымирать. Изъ пресмыкающихся заслуживаетъ еще упоминанія тритиледонъ, найденный въ отложеніяхъ южной Африки, и принимавшійся одно время за

Чер. 45. Плита песчаника изъ кейпера Штуттгарта, усѣянная аэтозаврами (въ сильно уменьш. видѣ).

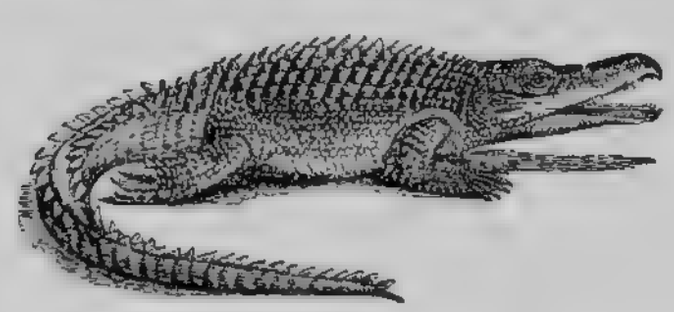


Чер. 46. Pareiosaurus Baini. Изъ тріаса Капской земли; оригиналъ длиною 7 ф. 9 д.

млекопитающее; теперь установлено, что это пресмыкающееся съ нѣкоторыми признаками низшихъ млекопитающихъ. Въ кейперѣ, подобно какъ и въ пестромъ песчаникѣ, находятъ

отпечатки ступней животныхъ, поражающихъ своею величиною. Нѣкоторые изъ слѣдовъ не удалось разобрать, принадлежатъ ли они къ пресмыкающимся, или къ птицамъ. Надо замѣтить, что вообще многіе изъ древнѣйшихъ типовъ животныхъ соединяютъ въ себѣ признаки собственнаго класса съ признаками будущаго высшаго класса, и этимъ какъ бы устанавливаютъ переходныя формы, доказывающія постепенность въ развитіи животной жизни. Въ этомъ же періодѣ въ отложеніяхъ Сѣв. Америки найдены остатки низшихъ млекопитающихъ — сумчатыхъ.

Судя по распространенію фауны и флоры, полагаютъ, что въ тріасовомъ періодѣ водная поверхность состояла изъ одного

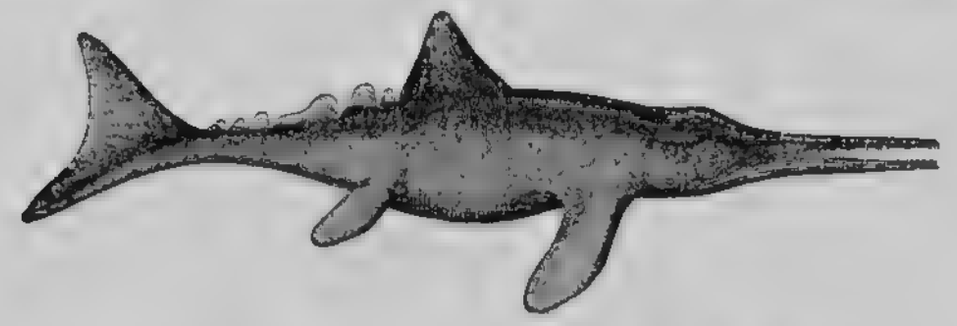


Чер. 47. Belodon (реставр.). Изъ кейперовaго песчаника Штуттгарта.

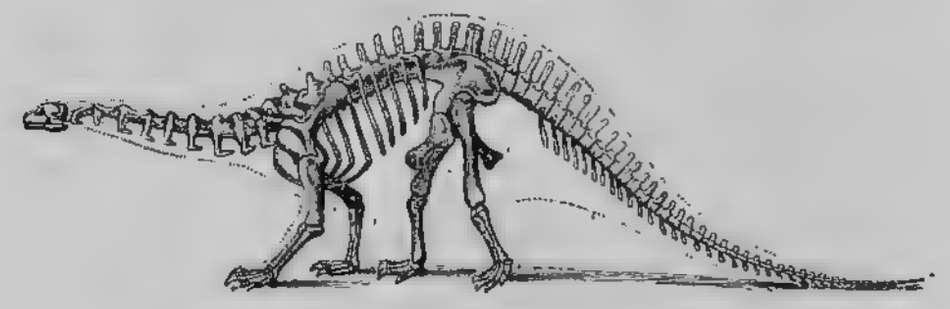
океана, соотвѣтствующаго современнымъ Тихому и Арктическому, и затѣмъ моря въ области восточныхъ Альпъ и въ южной Европѣ, соотвѣтствующаго Средиземному морю и соединявшагося посредствомъ проливовъ съ океаномъ. Индостанъ съ южною Африкою и промежуточная область Индійскаго океана представляли обширный континентъ; также весьма вѣроятно, что и на мѣстѣ Атлантическаго океана былъ материкъ.

Въ юрской системѣ, слагающейся изъ известняковъ, мергелей, темныхъ сланцеватыхъ глинъ и песчаниковъ, пресмыкающіяся продолжаютъ играть столь же первенствующую роль въ животномъ царствѣ, какъ и въ тріасѣ. Чаще всего попадаются ихтіозавры — дельфинообразное пресмыкающееся (чер. 48), жившее въ морѣ. Изъ этого же рода животныхъ, обитавшихъ

на сушѣ, упомянемъ Brontosaurus'a (чер. 49), достигавшаго въ длину до 50 футъ, и найденный въ отложеніяхъ Сѣв. Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ экземпляръ громаднаго



Чер. 48. Ихтіозавръ (по Этцольду; въ $^1/_{12}$ естеств. велич.).



Чер. 49. Brontosaurus.

атлантозавра (около 100 ф. длины). Также особенно своеобразны летающіе въ воздухѣ ящеры или птеродактили (чер. 50). Въ юрскомъ періодѣ появляются затѣмъ впервые костистыя рыбы и древнѣйшая птица Archaeopteryx (чер. 51), которая все же обнаруживаетъ еще много общаго съ пресмыкающимися. Изъ низшихъ животныхъ видную роль играютъ морскіе ежи, аммониты и белемниты. Морскіе ежи обладаютъ скелетомъ, сложеннымъ изъ известковыхъ табличекъ; пластинки скелета соединяются въ кожѣ и образуютъ твердый неподвижный панцырь, усаженный подвижными

Чер. 50. Pterodactylus crassirostris. Верхн. юра Баваріи.

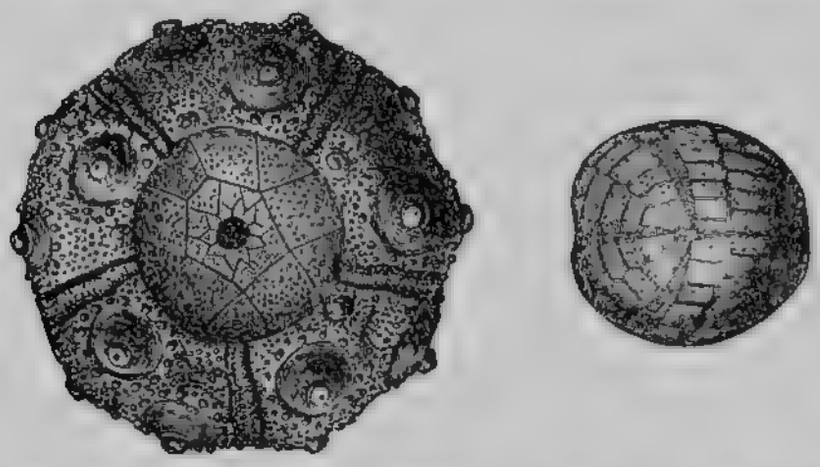
иглами и съ двумя отверстіями для рта и порошицы, которыя расположены центрально (чер. 52, 1) или эксцентричны (чер. 52, 2). Аммониты и белемниты принадлежатъ къ отряду головоногихъ моллюсокъ и вмѣстѣ съ наутилидами пред-

Чер. 51. Archaeopteryx. Изъ литографскаго сланца Эйхштетта (сильно уменьш.).

ставляютъ намъ лучшій примѣръ того, какъ нѣкоторыя органическія формы, исходя отъ одного общаго корня и, обнаруживая въ древнѣйшіе періоды земли лишь слабыя различія, съ теченіемъ времени путемъ послѣдовательнаго расхожденія признаковъ выдѣлились въ отдѣльныя группы такъ, что между

современными ихъ потомками замѣчается уже громадная разница [9]).

Группа аммонитовъ выдѣлилась въ девонскомъ періодѣ отъ наутилидъ, только благодаря нѣсколько отличному устройству начальной камеры. Затѣмъ многокамерная раковина посте-



Чер. 52. Морскіе ежи юрскаго періода. 1) Cidaris coronata (сверху). 2) Collyrites.

пенно видоизмѣнялась, а перегородки, первоначально простыя, стали получать по краямъ складки, придавшія наружной поверхности раковины изящное зубчатое строеніе. Подобнымъ образомъ возникло большое разнообразіе формъ, процвѣтавшихъ особенно въ юрскомъ періодѣ (чер. 53). Въ позднѣйшихъ періо-

Чер. 53. Юрскіе аммониты: 1) Arietites spiratissimus. 2) Stephanoceras humphriisianus. 3) Perisphinctes virgatus.

дахъ раковины головоногихъ постепенно атрофируются, изчезаютъ, и аммониты замѣняются осьминогими, которыхъ современные представители лишены уже наружной раковины и обладаютъ лишь въ первой стадіи развитія раковинною желѣзою; одинъ только аргонавтъ (Argonautus), принадлежащій къ древнѣйшему роду осьминогихъ, имѣетъ тонкую раковину, однако безъ камеръ, и надо полагать, что эта раковина произошла отъ измѣненія аммонитовой.

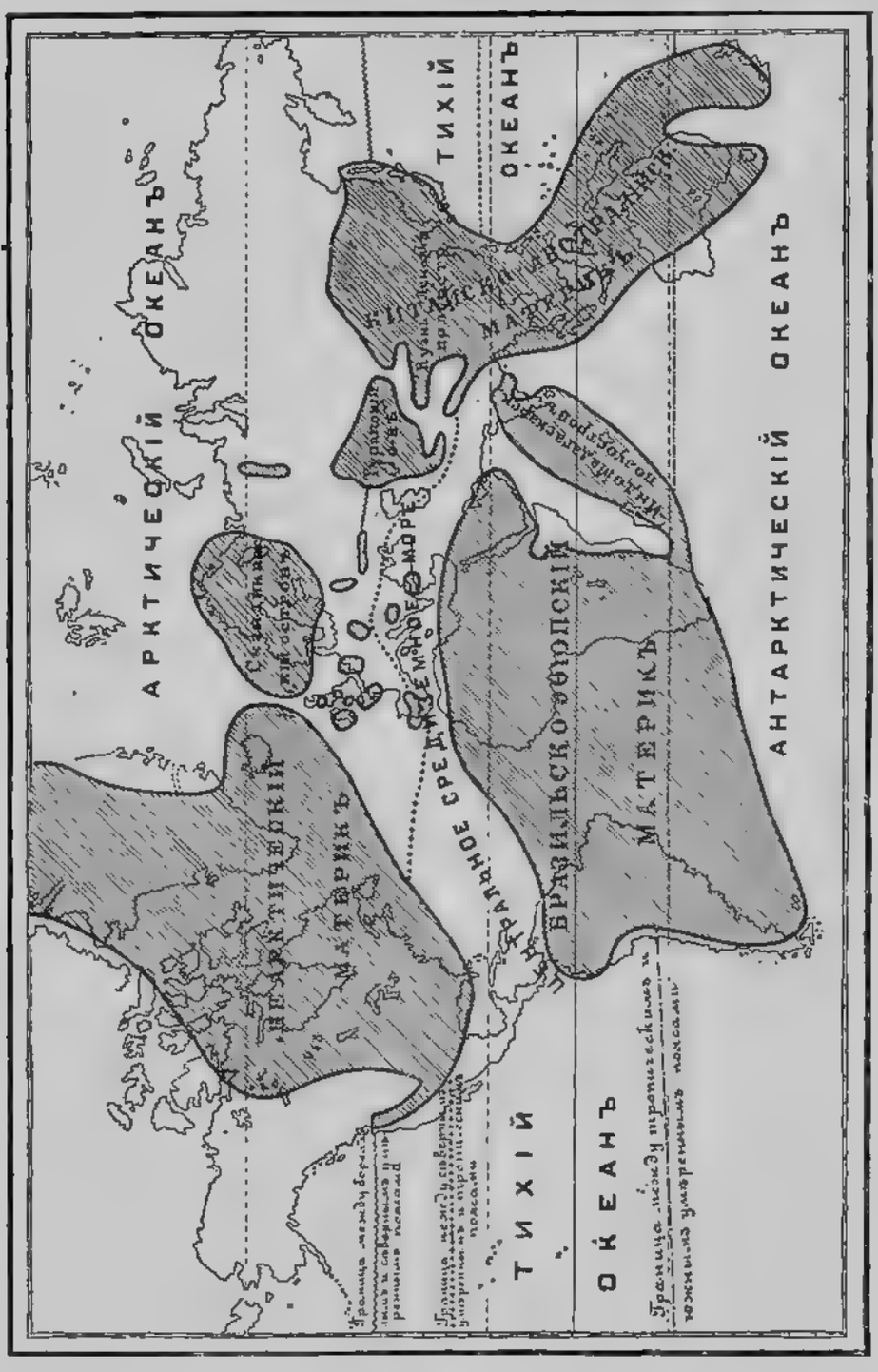
Чер. 54. Belemnites calloviensis.

Белемниты (чер. 54) представляютъ третью основную группу головоногихъ, выдѣлившуюся въ тріасовомъ періодѣ отъ длинновытянутыхъ аммонитовъ. Камеры раковинъ ихъ оканчивались сзади известковымъ придаткомъ, а передняя камера переходила на спинной сторонѣ въ пластинку. Белемниты обладали уже десятью щупальцами. Измѣненіе раковины белемнитовъ привело къ довольно своеобразному ея строенію у ихъ потомковъ, которыми считаются современные десятиногія. Многокамерная внутренняя раковина, но безъ известковаго придатка и спинной пластинки, имѣется только у сохранившагося по настоящее время одного рода Spirula. Изъ другихъ же десятиногихъ, у каракатицы тонкая покрытая мантіею раковина, въ видѣ широкой пластинки на спинной сторонѣ, съ известковыми листовидными отложеніями, соотвѣтствующими перегородкамъ белемнитовъ, а у кальмара рудиментъ раковины тянется вдоль спины въ видѣ узкой роговой пластинки, снабженной килемъ и безъ известковыхъ отложеній.

Среди кораллovъ палеозойскій видъ исчезаетъ, а живутъ только виды современной организаціи.

Растительность юрскаго періода все еще состояла изъ такихъ же безцвѣтковыхъ экземпляровъ, какъ и въ палеозойской эрѣ.

Изученіе распространенія окаменѣлостей юрскаго періода привело Неймайера къ слѣдующимъ выводамъ относительно распредѣленія материковъ и морей въ верхне-юрскую эпоху, когда именно море въ сѣверномъ полушаріи достигало, повидимому, наибольшаго распространенія. На картѣ Неймайера (чер. 55) имѣемъ три материка: одинъ, неарктическій, на сѣверѣ,



Чер. 55. Распредѣленіе материковъ и морей въ верхне-юрскую эпоху.

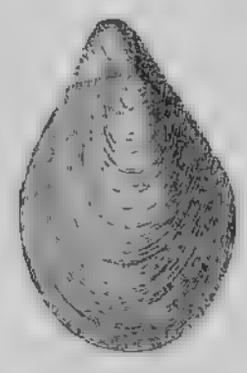
обнимаетъ восточную часть Сѣв. Америки, Гренландію, Исландію и часть сѣв. Атлантическаго океана (Сѣв. Атлантида) и къ нему прилегаетъ Сѣв. Европа въ видѣ острова (Скандинавскій о-въ); другой материкъ, Бразильско-Эѳіопскій, на югѣ — Южная Америка, Африка и южный Атлантическій океанъ (Южная Атлантида) съ полуостровомъ Индо-Мадагаскарскимъ; третій материкъ, Китайско-Австралійскій — Австралія съ Австралійско-Азіатскимъ архипелагомъ и юго-восточною Азіею. Атлантическаго и Индійскаго океановъ еще не существовало; первый представлялъ средиматериковое море, соединявшееся съ Тихимъ океаномъ и съ Арктическимъ посредствомъ многихъ проливовъ; Индійскій же океанъ состоялъ изъ двухъ морей, раздѣленныхъ Индо-Мадагаскарскимъ полуостровомъ.

Вмѣстѣ съ тѣмъ Неймайеръ, основываясь главнымъ образомъ на распространеніи аммонитовыхъ остатковъ, сдѣлалъ попытку установить географическое распредѣленіе животныхъ и показалъ, что въ разсматриваемомъ періодѣ обнаруживается уже климатическое зональное распредѣленіе органическаго царства, какъ результатъ болѣе высокой температуры въ экваторіальной области, чѣмъ въ высшихъ широтахъ. Границы зонъ показаны на картѣ.

Въ мѣловой системѣ, въ верхнихъ слояхъ, хотя и не вездѣ, залегаетъ бѣлый писчій мѣлъ и известнякъ съ органическими остатками, преимущественно скорлупками фораминиферъ (корненожки) и двустворчатыхъ рудистовъ. Послѣдніе представляютъ вымершее семейство типа моллюсковъ, съ известковыми раковинами, створки которыхъ неравной величины; нижняя, несравненно бо́льшая, приростала къ подводнымъ скаламъ и развивалась между другими неправильно въ грубомъ видѣ (rudis), верхняя же въ видѣ плоской крышки соединялась съ нижнею створкою особымъ зубнымъ аппаратомъ. Они жили колоніями. Наиболѣе распространенный видъ гиппуритъ (Hippurites, чер. 56) съ изогнутою нѣсколько на подобіе коровьяго рога нижнею створкою. Среди двустворчатыхъ упомянемъ родъ

Inoceramus (чер. 57), являющійся, между прочимъ, также руководящею формою мѣлового періода; раковина его, нѣсколько овальная съ концентрическими складками, состоитъ изъ тол-

Чер. 56. Hippurites cornu vaccinum. Изъ верхняго мѣла южной Франціи.



Чер. 57. Inoceramus concentricus.

стыхъ вертикальныхъ призмъ известковаго шпата. Также какъ въ юрскомъ и тріасовомъ періодахъ, нѣкоторыя окаменѣлости высшихъ животныхъ мѣлового періода не даютъ возможности опредѣлить, принадлежатъ ли онѣ къ млекопитающимъ (сумчатымъ), или же къ особымъ, вымершимъ уже породамъ. Наиболѣе полные скелеты найдены для класса птицъ, изъ которыхъ Ichtyornis (чер. 58), величиною съ голубя, съ огромными крыльями и короткими ногами, также какъ и Archeopteryx, отличается отъ птицъ позднѣйшихъ періодовъ присутствіемъ зубовъ и другими признаками, доказывающими чрезвычайно низкую ступень развитія тогдашнихъ птицъ. Въ

Чер. 58. Ichtyornis. Изъ верхняго мѣла Канзаса дополненный скелетъ.

мѣловомъ періодѣ появляются впервые змѣи, а затѣмъ огромные (до 100 ф. длины) мозазавры съ признаками змѣй, ящерицъ и плезіозавровъ; изъ динозавровъ интересный экземпляръ Iguanodon (чер. 59). Большія измѣненія обнаруживаются въ

Чер. 59. Iguanodon ($^1/_{80}$ ест. вел.).

растительномъ царствѣ, а именно, впервые появляются цвѣтковыя растенія.

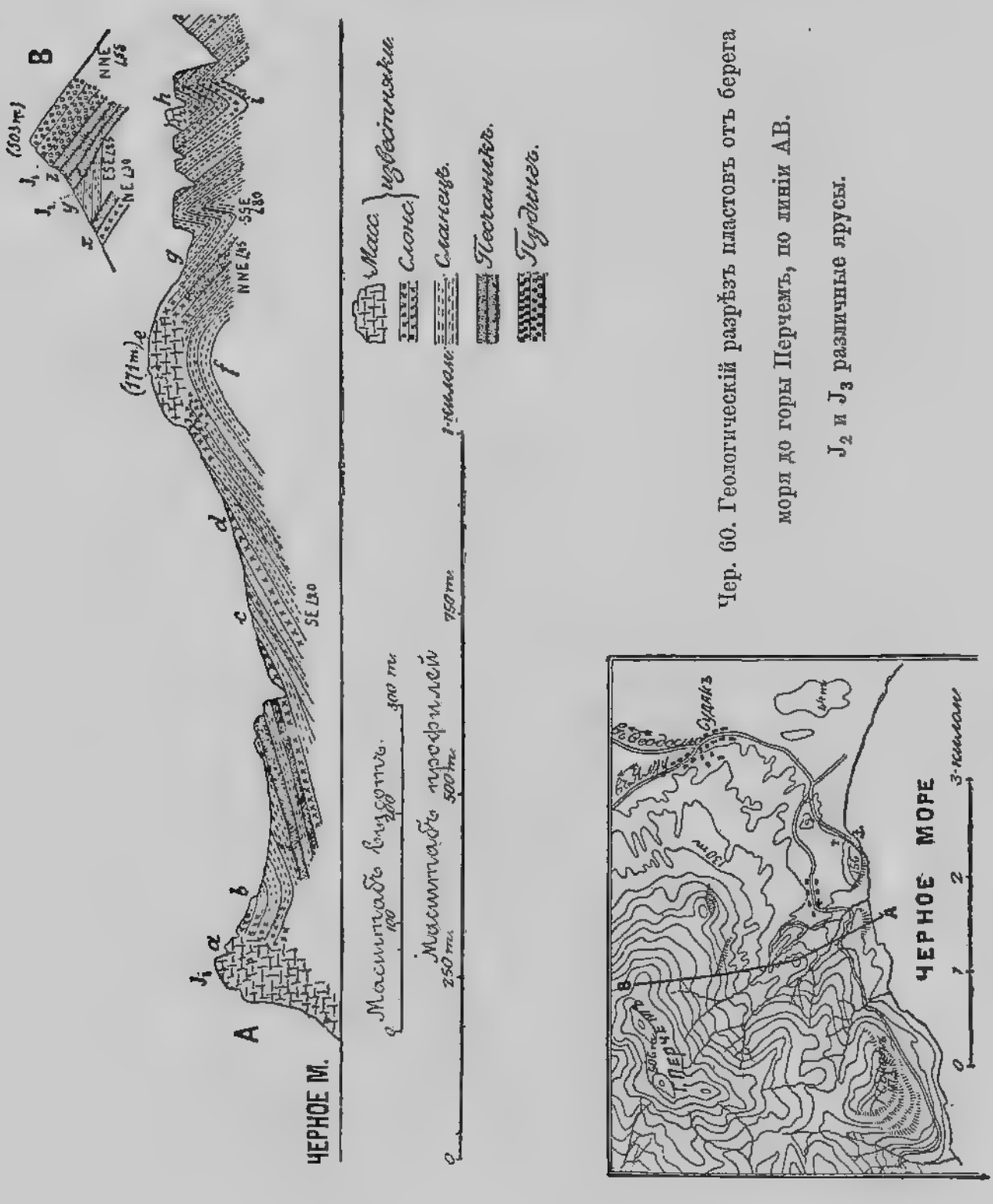
По распредѣленію окаменѣлостей надо полагать, что и въ мѣловомъ періодѣ существовали климатическія зоны, хотя разница между тропиками и высшими широтами была не столь значительна, какъ теперь.

Въ концѣ мѣлового періода исчезаетъ южная Атлантида и наступаніе (трансгрессія) моря замѣчается на огромномъ пространствѣ въ тропикахъ и въ умѣренномъ поясѣ. Море распространяется надъ Саксоніею, Силезіею, Богеміею, современною областью Балтійскаго моря, большею частью сѣверной Африки, западной Азіи, Бразиліи и Сѣв. Америки; въ то же время въ высшихъ широтахъ образуются новые участки суши.

Какъ примѣръ юрскихъ отложеній можетъ служить сѣченіе пластовъ у Судака по берегу Чернаго моря (чер. 60), а примѣръ перехода отъ юрскихъ къ мѣловымъ отложеніямъ, съ

различными ярусами, можемъ видѣть въ Кашпурскихъ высотахъ (чер. 61).

Кенозойская группа. Въ третичномъ періодѣ границы моря и суши крайне неустойчивы и область того и другого въ

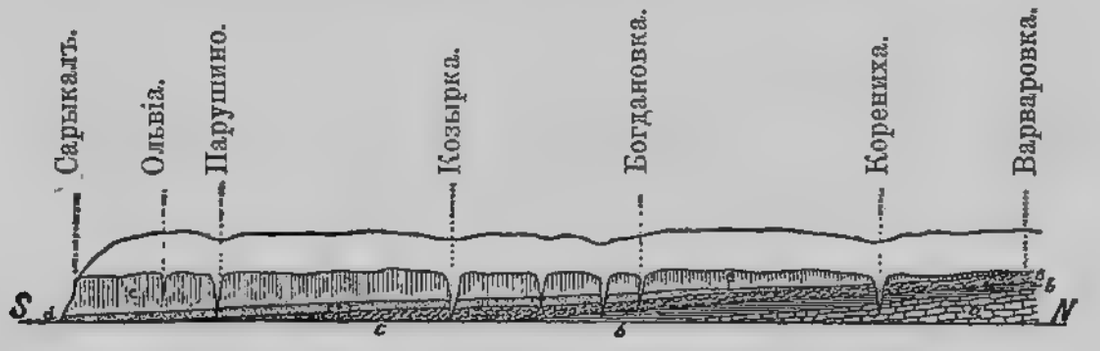


Чер. 60. Геологическій разрѣзъ пластовъ отъ берега моря до горы Перчемъ, по линіи AB.

J_2 и J_3 различные ярусы.

Чер. 61. Видъ Каширскаго холма (правый берегъ рѣки Волги, ниже Сызрани) Cr_2 — верхнемѣловыя мергели съ Inoceramus, Cr_1^3 и Cr_1^2 — нижнемѣловыя песчаноглинистыя породы и темныя глины съ конкреціями фосфоритнаго известняка и съ остатками аммонитовъ, белемнитовъ и т. п. JCr — волжскіе бурые, желѣзистые и т. п. пески и мергели, также съ аммонитами и белемнитами; при низкой водѣ на уровнѣ рѣки выступаютъ юрскія отложенія.

частностяхъ подвержены большимъ измѣненіямъ, но въ общемъ приближаются къ современному распредѣленію материковъ и водъ. Образуется Атлантическій океанъ; отъ сѣверной Атлантиды остаются только Исландія и Ферерскіе острова. Сѣв. Америка соединяется съ Южною Панамскимъ перешейкомъ, а бывшая нѣкоторое время континентомъ Вестъ-Индія погружается и оставляетъ острова. Въ началѣ періода море покрываетъ большую часть южной Европы, малую Азію до Индіи и Сахару; но ранѣе разобщенія Атлантическаго океана съ Великимъ происходитъ отдѣленіе Индійскаго отъ Атлантическаго; широкій каналъ, тянувшійся прежде съ востока на западъ, между сѣвернымъ и южнымъ материками, замыкается на востокѣ сушею, а



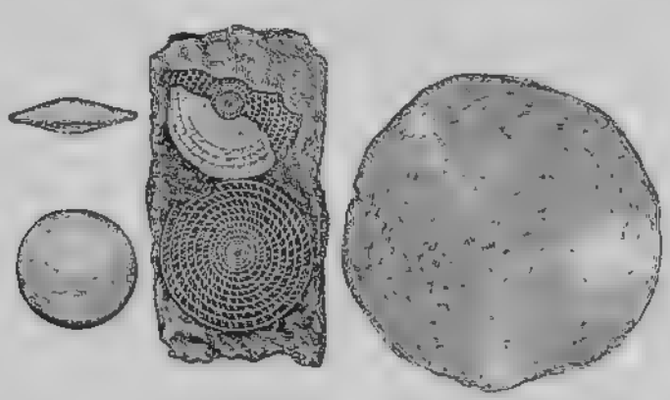
Чер. 62. Геологическій разрѣзъ прав. берега р. Южнаго Буга. Отъ *a* до *c*—третичныя известняки и глины (сарматскія, меотическія и понтическія), *d*—четвертичный песокъ и *e*—глина и лёссъ.

на западѣ образуетъ полузамкнутый бассейнъ—Средиземное море, которое однако переживаетъ много перемѣнъ прежде, чѣмъ достигнуть современнаго вида; напримѣръ, одно время оно соединяется съ Краснымъ моремъ и отдѣляется на востокѣ Эгейскою сушею отъ большого полупрѣсноводнаго бассейна, обнимавшаго всю южную Россію, Черное море и Каспійскую низменность. Этотъ бассейнъ, называемый Сарматскимъ моремъ, находился въ сообщеніи съ океаномъ. Къ концу періода Сарматское море разбивается на меньшіе бассейны (меотическіе) смѣняющіеся затѣмъ большимъ понтическимъ бассейномъ, и происходитъ постепенное раздѣленіе Каспійскихъ водъ отъ

Чернаго, опусканіе Эгейской суши и затѣмъ прорывъ Средиземнаго моря въ Мраморное и Черное; Сѣв. Германія и Россія становятся сушею; Азія соединяется съ Африкой и Индіею.

Для примѣра третичныхъ отложеній мы прилагаемъ здѣсь разрѣзъ (чер. 62) праваго берега Буга, между Николаевомъ и Сарыкаломъ (см. также чер. 17).

Третичный-же періодъ характеризуется многочисленными изверженіями вулкановъ и образованіемъ высочайшихъ горъ — выдвигаются Аппенины, Пиринеи, Альпы, Карпаты, Кавказъ, а позже Гималаи и Кордильеры. Климатъ въ началѣ мало отличается отъ климата мѣлового періода, а затѣмъ, судя по ископаемой флорѣ, становится холоднѣе, но теплѣе теперешняго,



(a)

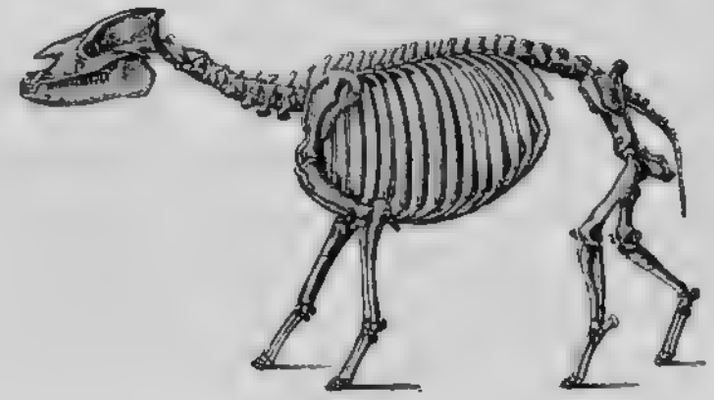
Чер. 63. Нуммулиты. Въ a) представлены два разрѣза.

въ особенности на Сѣверѣ, такъ что въ Европѣ флора и фауна въ началѣ періода имѣли тропическій характеръ. Среди безпозвоночныхъ заслуживаютъ вниманія нуммулиты (чер. 63), особаго рода большія корненожки, которыхъ накопленія мѣстами образуютъ цѣлыя горы. Изъ позвоночныхъ вымираютъ пресмыкающіяся прежнихъ временъ, и на первое мѣсто выступаютъ млекопитающія, какъ морскія (киты), такъ и особенно копытныя формы, но нѣкоторыя изъ нихъ принадлежатъ однако къ вымершимъ уже родамъ, какъ, напримѣръ, палеотерій тапирообразное животное, котораго наиболѣе крупный представитель (чер. 64) равнялся по величинѣ носорогу.

Къ концу періода уже преобладаютъ современныя животныя; слоны, носороги, гиппопотамы достигаютъ апогея своего развитія.

Вообще нѣкоторыя млекопитающія этого времени поражаютъ своею величиною — они всѣ гиганты въ сравненіи съ нынѣшними.

Въ 1821 году нѣсколько рабочихъ, занимаясь ломкою на склонѣ известняковой горы въ Іоркширѣ въ Англіи, напали случайно на отверстіе пещеры, заросшее травою и кустами; пещера была невысокая, съ развѣтвленіями, и полъ ея оказался усѣяннымъ костями гіенъ, тигровъ, слоновъ, носороговъ, гиппопотамовъ, медвѣдей и др., и среди нихъ голова гигантской

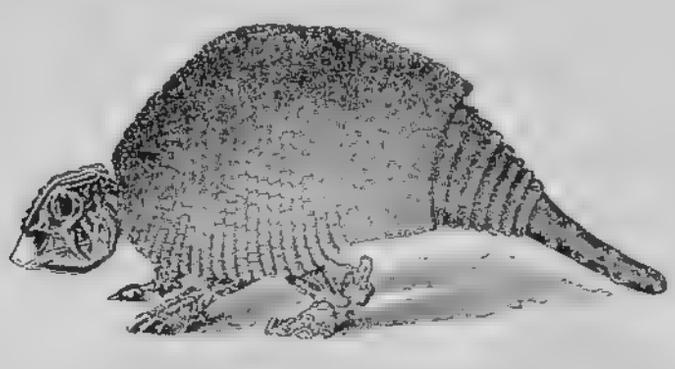


Чер. 64. Palaeotherium magnum. (Третичн. отл. окрестностей Парижа).

гіены съ огромными зубами, совершенно сохранившимися. На узкомъ входѣ и полу пещеры даже сохранились слѣды жира и волосъ гіенъ. Это показываетъ, что это была пещера гіенъ въ то время, когда онѣ, точно также какъ и тигры, слоны и т. п. существовали въ Англіи въ такомъ-же количествѣ, въ какомъ онѣ нынѣ встрѣчаются въ самыхъ недоступныхъ мѣстахъ тропической Азіи и Африки. Всѣ кости другихъ животныхъ очевидно составляли остатки пищи гіенъ, которыя были полными хозяевами пещеры. Были открыты въ то же время пещеры и въ Германіи и Франціи, съ черепами гигантскихъ медвѣдей.

Четвертичный періодъ, непосредственно предшествующій нашему времени, часто называемый допотопнымъ, харак-

теризуется появленіемъ человѣка, котораго древнѣйшіе слѣды найдены въ костяныхъ пещерахъ, вмѣстѣ съ костями вымершихъ видовъ гіенъ, львовъ, медвѣдей и мастодонтовъ. Среди млекопитающихъ все-же много еще вымершихъ теперь видовъ. Въ числѣ ихъ замѣчательны особенно исполинскій броненосецъ (длин. сред. 10 ф.), глиптодонъ (чер. 65), панцырь котораго

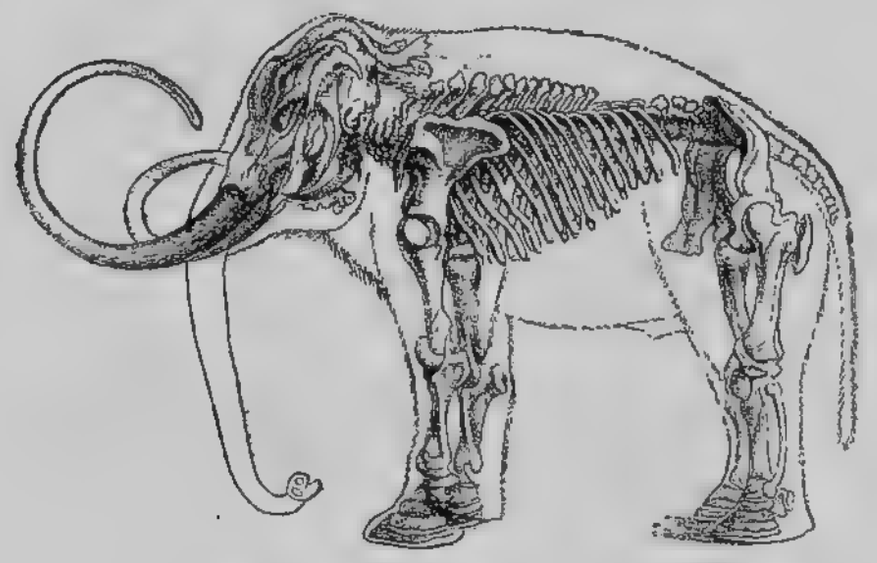


Чер. 65. Glyptodon. (Изъ пампассовыхъ глинъ Южной Америки).

напоминаетъ по внѣшнему виду панцырь черепахъ, затѣмъ гигантскій олень (чер. 66) съ лопатообразными рогами, концы которыхъ отстояли другъ отъ друга почти на 13 футъ и наконецъ мамонтъ и мастодонтъ, — особый видъ слоновъ.

Чер. 66. Cervus megaceros. (Диллюв. торфяники Ирландіи).

Мамонтъ (чер. 67) сродни африканскимъ слонамъ, но бивни его двоякой кривизны. Кости его часто попадались въ раскопкахъ разныхъ странъ, но особенно извѣстенъ знаменитый скелетъ, находящійся въ музеѣ Академіи Наукъ въ С.-Петербургѣ. Онъ былъ открытъ въ 1799 г. однимъ тунгузомъ въ обрывахъ сѣв. берега Сибири, въ устьѣ р. Лены, въ совершенно мерзлой землѣ. Мясомъ его тунгузы стали кормить уже собакъ, но объ этомъ провѣдали въ Европѣ, и англичанинъ Адамсъ отправился туда и нашелъ между прочимъ даже еще большіе куски кожи,



Чер. 67. Elephas primigenius. (Диллюв. Россіи).

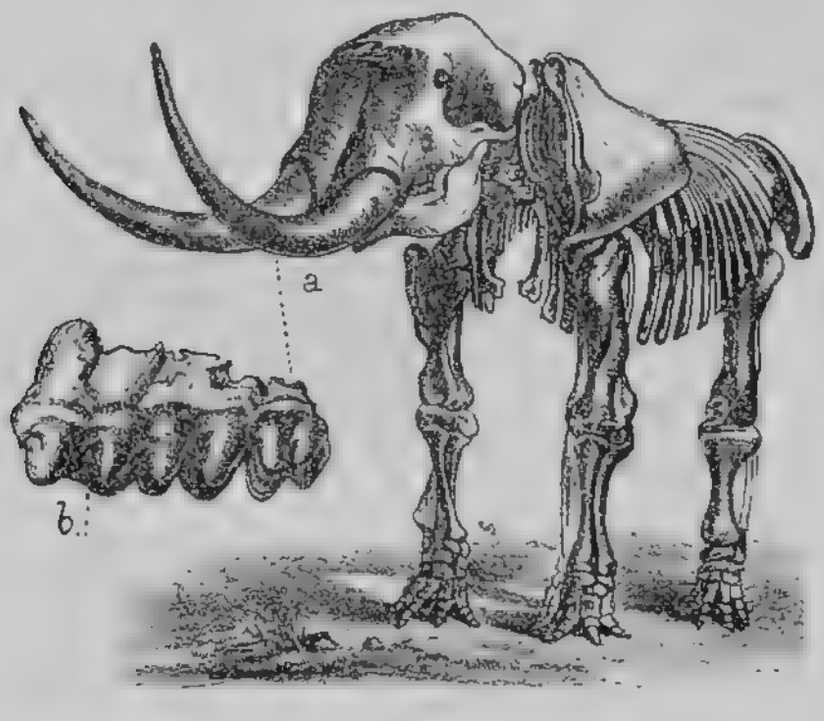
поросшіе волосами; на затылкѣ волосы длиннѣе, нѣчто въ родѣ гривы. Позже находили остатки мамонтовъ на Новосибирскихъ островахъ.

Мастодонтъ открытъ былъ въ Сѣв. Америкѣ (чер. 68); тоже животное съ бивнями, какъ у слоновъ. Судя по зубамъ, мастодонтъ питался болотными растеніями, какъ гиппопотамъ. Въ Америкѣ имѣется нѣсколько полныхъ скелетовъ.

Въ Европѣ также находили мастодонтовъ, но другого вида. Слоны не живутъ теперь на сѣверѣ, тамъ, гдѣ найдены мамонтъ и носороги. Поэтому полагали одно время, что они занесены туда были какимъ-либо стремительнымъ потокомъ, но найден-

ная пища во рту, состоящая изъ хвойныхъ растеній, доказываетъ, что мамонты и носороги жили въ Сибири и вѣроятно съ измѣненіемъ климата ея постепенно вымирали.

Охлажденіе климата на сѣверѣ дѣйствительно наступаетъ въ разсматриваемомъ періодѣ, такъ какъ многіе факты свидѣтельствуютъ, что обледѣненіе Европы и Сѣв. Америки дохо-



Чер. 68. Mastodon giganteum. (Диллюв. Сѣв. Америки).

дило не задолго до нашего времени почти до 50° сѣв. шир.; мы позже подробнѣе коснемся этого ледниковаго періода.

Послѣ ледниковой эпохи климатъ Европы становится опять теплѣе, и физико-географическія условія постепенно приближаются къ современнымъ.

Заключеніе. Съ начала образованія материковъ, какъ видно изъ обзора геологическихъ періодовъ земли, Великій или Тихій океанъ, соединяющійся на югѣ съ южнымъ Ледовитымъ океаномъ, остается почти неизмѣннымъ въ главныхъ чертахъ до настоящаго времени, обнимая собою самую большую часть водъ

земного шара. Этотъ океанъ оказывается теперь и самымъ глубокимъ. Остальная же поверхность земного шара, какъ мы видѣли, подвергалась огромнымъ измѣненіямъ. Индійскій и затѣмъ Атлантическій океаны въ нынѣшнемъ ихъ видѣ образуются только въ началѣ третичнаго періода на мѣстѣ погрузившихся Атлантидъ и Индо-Мадагаскарскаго полуострова. Изъ материковъ древнѣйшій Америка, а самый новый—Европа, но въ разное время и эти, какъ и остальные материки, также мѣняли свое очертаніе, а вмѣстѣ съ ними измѣнялось и распредѣленіе морей.

Однако вышеуказанныя существенныя измѣненія не всѣми геологами признаются. Есть мнѣнія, утверждающія, что происходившія въ геологическіе періоды перемѣны только въ частностяхъизмѣняли континенты, а въ главныхъ чертахъ послѣдніе оставались неизмѣнными съ самыхъ давнихъ временъ. Предположеніе о постепенныхъ, глубокихъ, измѣненіяхъ въ материкахъ установили геологи Бухъ и Ляйелль, тогда какъ Дана явился защитникомъ теоріи неизмѣнности материковъ и морей. Въ доказательство неизмѣнности главнымъ образомъ приводится съ одной стороны отсутствіе глубоководныхъ отложеній на современныхъ материкахъ и что, слѣдовательно, послѣдніе никогда не были дномъ глубокаго моря, а съ другой—особенность прибрежныхъ морскихъ отложеній, опоясывающихъ материки не далѣе 200 миль, какъ бы указываетъ, что наиболѣе глубокія и отдаленныя отъ береговъ части океановъ всегда были покрыты водою.

Однако изслѣдованія обнаружили многія глубоководныя образованія въ Альпахъ, Карпатахъ и Гималайскихъ горахъ; что же касается образованія теперешнихъ океановъ, то здѣсь гораздо труднѣе возстановить ихъ прошлое, такъ какъ основанія гипотезы о существованіи на ихъ мѣстѣ материковъ довольно шаткія. Такимъ образомъ вопросъ о постоянствѣ океановъ и материковъ является спорнымъ и по настоящее время, и только измѣняемость ихъ въ частностяхъ не подвержена сомнѣнію.

ДИНАМИКА ЗЕМНОЙ КОРЫ.

Къ динамикѣ земной коры относится цѣлый рядъ явленій, производящихъ деформаціи, какъ на поверхности суши и на днѣ водныхъ бассейновъ, такъ и въ болѣе или менѣе глубокихъ слояхъ земной коры, и обусловливающихъ распредѣленіе материковъ и водъ и ихъ рельефъ. Эти явленія происходятъ подъ вліяніемъ силъ двоякаго рода: 1) силъ, скрытыхъ въ нѣдрахъ земли, и 2) силъ, дѣйствующихъ на поверхности земли. Перваго рода силы проявляются въ *вулканизмѣ*, *горообразованіяхъ* и *колебательныхъ* движеніяхъ земной коры, а второго — въ *геологической дѣятельности атмосферы и водъ*. Всѣ эти явленія происходили какъ во всѣ минувшіе періоды жизни земли, такъ замѣчаются и въ настоящее время, хотя, можетъ быть, нѣкоторыя изъ нихъ (какъ напр. горообразованіе) обнаруживаютъ теперь и меньшую интенсивность, чѣмъ въ теченіе геологическихъ періодовъ.

Чтобы уяснить себѣ роль, которую вышеупомянутыя силы играютъ въ строеніи земной поверхности, необходимо познакомиться съ сущностью и характеромъ соотвѣтственныхъ явленій. Но прежде чѣмъ приступить къ группѣ явленій, исходною точкою которыхъ служатъ нѣдра земли, надо разсмотрѣть вопросъ о физическихъ свойствахъ этихъ нѣдръ, или, какъ часто говорятъ, ядра земли.

Ядро земли.

Земная кора непосредственнымъ зондированіемъ въ буровыхъ скважинахъ, артезіанскихъ колодцахъ, копяхъ и т. п. прослѣжена въ своей толщѣ лишь до 1,87 версты. Эта глубина, конечно, ничтожна сравнительно съ разстояніемъ до

центра земли (средній радіусъ земли около 5970 верстъ). Огромная часть внутренности нашей планеты остается, такимъ образомъ, внѣ области прямыхъ наблюденій, и потому всякія заключенія о состояніи горныхъ породъ въ ней приходится дѣлать лишь косвеннымъ путемъ, на основаніи различныхъ соображеній, изъ которыхъ однако на первомъ мѣстѣ слѣдуетъ поставить тѣ, которыя пользуются данными, добытыми при непосредственныхъ зондировкахъ земной коры. Эти данныя относятся къ термическимъ условіямъ залегающихъ въ корѣ породъ.

Наблюденія надъ температурою почвы показываютъ, что вліяніе солнечнаго тепла простирается въ земной поверхности лишь до нѣкоторой небольшой глубины; вліяніе это сказывается какъ въ суточныхъ, такъ и въ годовыхъ колебаніяхъ температуры почвы. Суточныя колебанія замѣчаются только въ близповерхностномъ слоѣ почвы, а годовыя распространяются вглубь, но амплитуда уменьшается съ возрастаніемъ глубины, такъ что на нѣкоторой глубинѣ и годовыя колебанія должны прекращаться, и температура на такой глубинѣ остается постоянной. Слой, гдѣ годовыя колебанія температуры прекращаются, называютъ поясомъ постоянной температуры. Глубина этого пояса различна въ разныхъ мѣстахъ, такъ какъ она зависитъ не только отъ степени солнечнаго нагрѣванія, мѣняющагося съ широтою мѣста, но и отъ рода почвы, теплопроводности ея слоевъ, и многихъ мѣстныхъ климатическихъ и топографическихъ условій. Въ Парижѣ, въ подвалѣ обсерваторіи, на глубинѣ 92 ф. термометръ неизмѣнно показываетъ 11°,8 Ц. (съ точностью до 0°,1). Въ другихъ мѣстахъ такихъ прямыхъ наблюденій въ слоѣ постоянной температуры мы не имѣемъ, и заключенія о глубинѣ этого слоя дѣлаются на основаніи теоретическихъ расчетовъ, по величинѣ годовыхъ амплитудъ въ болѣе верхнихъ слояхъ почвы. По такому расчету глубина слоя постоянной температуры для разныхъ мѣстъ умѣреннаго пояса не превышаетъ 100 футъ [10]), а въ тропикахъ около 10 футъ. Глубже слоя постоянной температуры, какъ показываютъ наблюденія въ глубо-

кихъ колодцахъ, шахтахъ, буровыхъ скважинахъ и туннеляхъ, температура съ глубиною возрастаетъ. Разстояніе, на которое надо спуститься вглубь земной коры для поднятія температуры на 1°, называютъ геотермическимъ градусомъ.

Наблюденія, произведенныя въ Шладебахской буровой скважинѣ, близъ Лейпцига, углубленной до 819,5 саж. (1748,4 м.) и прошедшей черезъ пермскіе и каменноугольные слои, дали слѣдующій результатъ:

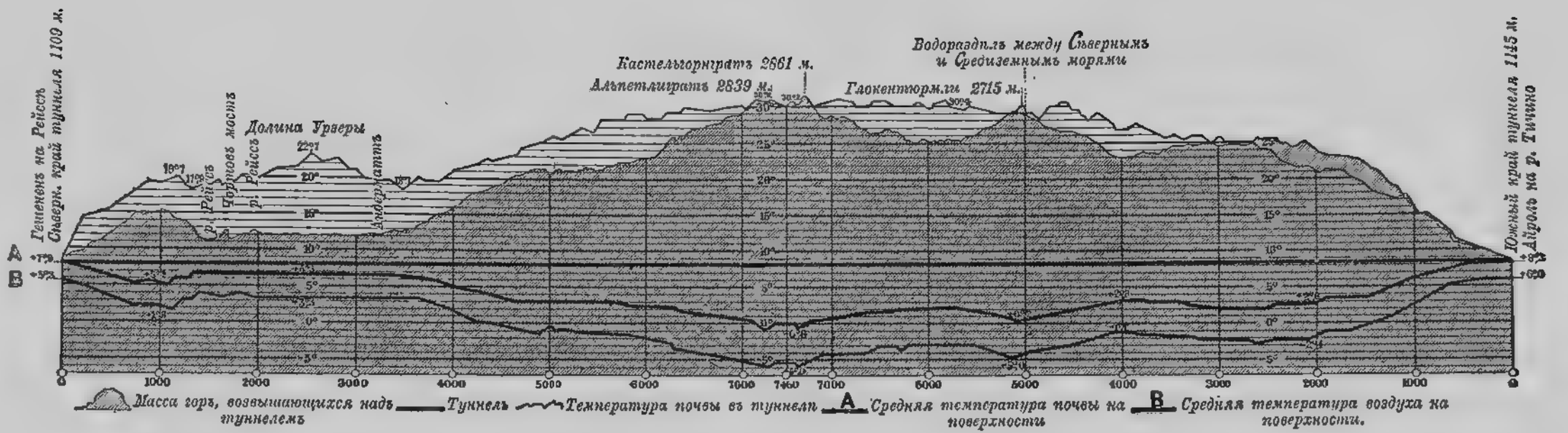
Глуб. въ метр.	36	216	336	456	606	816	966	1206	1476	1716
» » саж.	16,9	101,2	157,4	213,7	284	382,4	452,7	565,3	691,9	804,3
Температ. въ гр. Ц.	11°	16°,2	19°	22°,1	26°,3	31°,5	36°,6	43°	51°,9	56°,6
Геотер. градусъ въ саж.	17,6		20,1	18,1	16,7	18,9	13,8	17,6	14,2	23,9
» » метр.	37,5		42,8	38,7	35,7	40,4	29,4	37,5	30,3	51,0

Возрастаніе температуры происходитъ, какъ видимъ, крайне неправильно; въ среднемъ геотермическій градусъ получается равнымъ 17,3 саж. (36,8 м.). Особенно тщательныя наблюденія были произведены въ этой скважинѣ на глубинахъ 593—804 саж., при чемъ на глубинѣ 593 саж. (1265,2 м.) температура наблюдалась 45,3 Ц.; по этимъ даннымъ геотермическій градусъ на означенной глубинѣ выходитъ 18,7 саж. (39,9 м.).

Еще болѣе глубокая скважина въ Парушовицахъ, въ Верхней Силезіи, прорѣзавшая между прочимъ 24 пласта каменнаго угля, толщиною въ сложности около 40 саж. (89,5 м.); въ этой скважинѣ, самой глубокой изъ всѣхъ существующихъ и углубленной до 938,8 саж. (2003 м.), произведено 384 измѣренія температуры и наибольшая оказалась 69°,3 Ц., а средній геотермическій градусъ 15,9 саж. (34,1 м.), при чемъ температура увеличивалась съ глубиною также весьма неправильно [11]).

Въ Питсбургскомъ колодцѣ (Соедин. Штаты), углубленномъ до 759,3 саж. (1620 м.) [12]), наблюденія дали:

На глубинахъ . . .	705	1500	1620 метры.
	330,4	703	759,3 саж.
Температуры Ц. . .	20°,5	49°,4	53°
Геот. градусъ . . .	12,9 (27,5 м.).		15,6 саж. (33,3 м.).



Чер. 69. Разрѣзъ С.-Готтардскаго туннеля (по Штапфу).

Наблюденія въ туннеляхъ приводятъ также къ различнымъ величинамъ геотермическаго градуса. Но эти наблюденія представляютъ тотъ особенный интересъ, что даютъ возможность обнаружить вліяніе массы горъ на ходъ температуры на глубинѣ.

Представленный на чер. 69 разрѣзъ С.-Готтардскаго туннеля, длиною около 14 верстъ, можетъ служить отчасти примѣромъ указаннаго вліянія. Кривая температуръ въ туннелѣ (самая верхняя кривая), за небольшими исключеніями, почти слѣдуетъ за кривой рельефа, однако приростъ тепла съ глубиною идетъ медленнѣе подъ отдѣльными вершинами, чѣмъ подъ равнинами. Наивысшая температура 30°,8 измѣрена на серединѣ туннеля, углубленной подъ поверхностью 731 саж. (1752 м.); геотермическій градусъ здѣсь получается 23,7 саж. (50,6 м.), тогда какъ въ разстояніи около версты отъ сѣвернаго входа въ туннель, на глубинѣ 261 саж. подъ поверхностью земли, геот. градусъ всего 18 саж. (38,4 м.).

Возрастаніе температуры происходитъ также и въ такихъ мѣстахъ, гдѣ почва на нѣкоторой глубинѣ остается вѣчно мерзлою, какъ это имѣетъ мѣсто напр. въ Сибири; изъ наблюденій акад. Миддендорфа въ Шергинскомъ колодцѣ[13]), въ Якутскѣ, геотермическій градусъ на глубинѣ 14—54 саж. получается равнымъ $11\frac{1}{2}$ саж. (24,5 м.).

Вышеприведенныя данныя, равно какъ и подобныя же наблюденія въ нѣкоторыхъ другихъ мѣстностяхъ, затѣмъ явленіе горячихъ ключей, наблюдаемое во всѣхъ поясахъ земли, и, наконецъ, выбрасываніе вулканами расплавленныхъ массъ изъ внутренностей земли, не оставляютъ никакого сомнѣнія въ томъ, что температура внутри земли должна быть высокая, но имѣющіяся фактическія данныя недостаточны для вывода закона возрастанія тепла съ глубиною. Наблюденія произведены лишь въ самомъ тонкомъ слоѣ коры — въ слоѣ, образовавшемся въ различныя геологическія эпохи изъ накопленія осадочныхъ породъ при самыхъ разнообразныхъ термическихъ условіяхъ, обладающихъ различною теплопроводимостью, и подвергавшихся раз-

личнымъ мѣстнымъ дислокаціямъ, въ слоѣ, въ которомъ приростъ тепла находится еще подъ вліяніемъ рельефа мѣстности и различныхъ мѣстныхъ условій въ циркуляціи подземныхъ водъ. Понятно, что трудно съ такого слоя добыть надлежащія данныя для установленія закона прироста тепла съ глубиною. Вопросъ еще осложняется тѣмъ обстоятельствомъ, что почти $^3/_4$ поверхности земной коры находится подъ океанами, глубиною въ среднемъ отъ 3 до 4 верстъ и наибольшею до 8 слишкомъ верстъ, и съ температурою водъ на этихъ глубинахъ около 1°—0° Ц., каковая температура не можетъ не производить охлаждающаго вліянія на дно океана и прилегающія материковыя части. Если представить себѣ теперь рядъ равнотеплыхъ поверхностей въ нѣкоторой небольшой толщѣ земной коры, то эти поверхности должны имѣть крайне извилистый видъ, подымаясь въ общемъ надъ уровнемъ океана въ материкахъ и островахъ, и опускаясь подъ океанами и морями. Только на нѣкоторой большой глубинѣ извилины будутъ сглаживаться, но сферическій видъ означенныя поверхности очевидно могутъ принять только въ слоѣ, лежащемъ глубже наибольшей глубины океановъ. Такимъ образомъ при настоящемъ состояніи даннаго вопроса всякіе экстраполяціонные расчеты должны быть признаны лишь грубымъ приближеніемъ къ истинѣ.

Исходя изъ гипотезы, весьма вѣроятной, что присущая теперь внутреннимъ массамъ земли теплота представляетъ собою остатокъ той высокой температуры, которая была нѣкогда при началѣ геологическихъ періодовъ, и затѣмъ руководствуясь результатами опытовъ надъ охлажденіемъ расплавленныхъ базальтовыхъ шаровъ и подтверждающими ихъ теоретическими вычисленіями Фурье, Томсона (лорда Кельвина) и Тэта, мы должны признать, что геотермическій градусъ съ глубиною увеличивается. Можемъ поэтому для расчета прироста тепла на глубинахъ принять геотермическій градусъ равнымъ наибольшему изъ наблюденныхъ въ Шладебахской скважинѣ, а именно круглымъ числомъ 24 саж. (51 м.). Тогда уже на глубинѣ 96 верстъ, т. е.

почти на $^1/_{62}$ разстоянія отъ поверхности до центра земли, получимъ температуру 2000° Ц.; при такой температурѣ всѣ горныя породы, при обыкновенномъ давленіи, должны быть въ расплавленномъ состояніи. При увеличеніи давленія точка плавленія повышается, поэтому нѣкоторые считаютъ нужнымъ принять еще бо́льшую величину для геотермическаго градуса и на этомъ основаніи полагаютъ толщину земной коры около 150 верстъ. Съ другой стороны, большинство геологовъ принимаетъ за мѣру увеличенія тепла въ глубинахъ средній геотермическій градусъ изъ разныхъ наблюденій, равный почти $15^1/_2$ саж. (33 м.), что приводитъ къ толщинѣ коры около 60 верстъ. Во всякомъ случаѣ, какая бы изъ упомянутыхъ величинъ геотермическаго градуса ни была принята, на нѣкоторой сравнительно уже небольшой глубинѣ температура должна соотвѣтствовать расплавленному состоянію горныхъ породъ. Такое представленіе о состояніи внутренности земли установилось еще со временъ Лапласа и принималось долгое время всѣми учеными, и оно очень хорошо удовлетворяетъ всѣмъ требованіямъ геологіи.

Гипотезѣ о жидкомъ ядрѣ Пуассонъ впервые противопоставилъ гипотезу о совершенно твердомъ состояніи всего земного шара. По его мнѣнію, охлажденіе земли происходило такимъ образомъ, что образовывавшіяся на поверхности твердыя глыбы опускались вслѣдствіе тяжести внутрь жидкой массы и, способствуя охлажденію послѣдней, мало по малу достигали центра и образовали твердое ядро; этимъ же путемъ произошло отвердѣніе и всей остальной массы земного шара. Подобный способъ охлажденія однако не вполнѣ вяжется съ тѣмъ, что мы наблюдаемъ теперь при охлажденіи лавовыхъ потоковъ; твердыя корки лавы не погружаются внизъ, но остаются на поверхности, что, по мнѣнію Неймаера, происходитъ не только потому, что эти корки имѣютъ меньшій удѣльный вѣсъ, чѣмъ жидкая лава, но также вслѣдствіе тягучести и вязкости лавъ, представляющихъ огромное сопротивленіе для погруженія твердыхъ обломковъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ совершенное охлажденіе зем-

ного шара находится въ противорѣчіи съ наблюдаемымъ возрастаніемъ температуръ съ глубиною. Для объясненія послѣдняго явленія Пуассонъ допускалъ внутри земли нѣкоторый запасъ тепла, полученный землею при прохожденіи солнечной системой когда то небеснаго пространства съ высокою температурою. В. Томсонъ (лордъ Кельвинъ), доказавъ вычисленіями[14]) несостоятельность послѣдняго предположенія Пуассона, принялъ однако его гипотезу о твердомъ ядрѣ на томъ основаніи, что эта гипотеза лучше, чѣмъ гипотеза жидкаго ядра, удовлетворяетъ 1) наблюдаемымъ величинамъ колебанія земной оси (лунно-солнечной прецессіи и нутаціи) и 2) явленіямъ океанскихъ приливовъ. Вопросъ о вліяніи физическаго строенія ядра земли на величину прецессіи и нутаціи былъ разсмотрѣнъ впервые Гопкинсомъ. Извѣстно, что, вслѣдствіе эллипсоидальнаго вида земли, ось ея, подъ вліяніемъ притягательной силы луны и солнца, не сохраняетъ неизмѣннаго положенія въ пространствѣ, но колеблется около своего средняго положенія, описывая довольно сложную кривую; колебанія замѣчаются вѣковыя — прецессія, и періодическія, съ періодомъ 18,6 лѣтъ — нутація.

Величина прецессіи и нутаціи зависитъ между прочимъ отъ распредѣленія плотностей въ земномъ шарѣ и моментовъ инерціи, и, предполагая то или иное распредѣленіе массъ, можно вычислить теоретически величины постоянныхъ прецессіи и нутацій. Сравнивая затѣмъ теоретическую величину съ наблюденной, можно убѣдиться на сколько вѣрна принятая гипотеза о плотности внутреннихъ частей земли. По Гопкинсу для согласованія наблюдаемой и вычисленной величинъ нутаціи необходимо допустить внутри земли или твердое ядро, или же принять толщину твердой коры по крайней мѣрѣ около $1^1/_2$ тысячи верстъ. Также, В. Томсонъ доказываетъ, что, при гипотезѣ твердаго ядра, отклоненія вычисленныхъ постоянныхъ прецессіи и нутаціи отъ наблюденныхъ находятся въ предѣлахъ неточности знанія моментовъ инерціи. Что же касается вопроса о приливахъ, то при жидкомъ ядрѣ и тонкой корѣ послѣдняя должна была

бы обнаруживать также явленіе приливовъ, и эти приливы на столько бы маскировали океанскіе приливы, что ихъ величина была бы едва замѣтна. По вычисленіямъ Томсона, даже при твердости земного шара, равной твердости литой стали, океанскіе приливы свелись бы на $^2/_3$, а при твердости стекла — на $^2/_5$ той величины, которую океанскіе приливы должны имѣть при отсутствіи приливовъ въ земной корѣ.

Дж. Дарвинъ вывелъ въ то-же время изъ наблюденій длиннаго періода величину наблюдаемыхъ приливовъ равную $^2/_3$ теоретической, слѣдовательно твердость земного шара должна быть близка къ твердости стали. — Ньюкомбъ [15]), исходя изъ вычисленій о вліяніи внутреннихъ массъ земли на періодъ колебанія земной оси внутри самого земного шара (періодическія измѣненія широты мѣста), приходитъ къ твердости земли большей, чѣмъ сталь, а проф. Рудзскій, примѣняя къ этому же вопросу болѣе точныя формулы Томсона и Тэта, выводитъ, что твердость земного шара вдвое больше твердостистали.

Наконецъ, наблюденія надъ силою тяжести въ разныхъ уровняхъ, надъ величиною отклоненія отвѣса вблизи большихъ горъ, и весьма деликатныя наблюденія надъ притяженіемъ свинцовыхъ шаровъ другъ къ другу (подробн. см. примѣч. [16])), даютъ весьма близкія величины средней плотности земли, каковая величина и получается въ среднемъ 5,6; но такъ какъ плотность земной коры всего 2,5, то слѣдуетъ заключить, что въ центрѣ земли должно быть ядро плотностью свыше 9, т. е. болѣе плотныя массы, чѣмъ желѣзо; часто даже высказывалось предположеніе, что ядро земли состоитъ изъ желѣза.

Такимъ образомъ, какъ непосредственныя опредѣленія, такъ и выведенныя косвеннымъ путемъ плотности центральныхъ массъ земли не соотвѣтствуютъ гипотезѣ жидкаго ядра. Но въ такомъ случаѣ какъ объяснить себѣ возрастаніе температуры съ глубиною? Томсонъ, исходя изъ положенія, что давленіе возвышаетъ точку плавленія горныхъ породъ, считаетъ возможнымъ допустить существованіе твердыхъ массъ внутри земли и при

температурѣ, при которой породы плавятся при обыкновенномъ давленіи. На возможность перехода породъ изъ жидкаго въ твердое состояніе съ увеличеніемъ давленія указываютъ и опыты Рейера, но подобные опыты произведены лишь въ предѣлахъ температуръ, которыя далеко не достигаютъ такой высокой температуры, которая возможна внутри земли.

По Риттеру и Цепприцу температура въ центрѣ земли должна быть свыше 20 т. градусовъ и, основываясь на изслѣдованіяхъ Андрю надъ критическою температурою, Цепприцъ приходитъ къ заключенію, что температура въ центрѣ земли критическая для всѣхъ тѣлъ, слѣдовательно, газы тамъ находятся въ надкритическомъ состояніи, т. е. они не могутъ быть переведены въ жидкость даже при весьма высокомъ давленіи. Но такъ какъ земля первоначально была несомнѣнно раскаленнымъ газообразнымъ тѣломъ, то ядро земли не могло сдѣлаться жидкимъ,— оно должно находиться въ особомъ видѣ газообразнаго состоянія, по плотности близкой къ плотности твердаго ядра, но сохраняющей свойство газа заполнять пространство, въ которомъ оно находится. Исходя изъ положенія Цёпприца, Гюнтеръ допускаетъ, что въ центрѣ земли всѣ химическіе элементы газовъ должны быть въ свободномъ состояніи, не образуя никакихъ соединеній (одноатомные газы); на меньшихъ глубинахъ давленіе понижается и происходятъ химическія соединенія элементовъ, образуя вокругъ центральнаго ядра оболочку смѣшанныхъ газовъ. Послѣдняя постепенно переходитъ въ жидкую расплавленную массу и, затѣмъ, въ вязкое вещество, называемое *магмою*, представляющею переходъ къ твердой наружной корѣ. Относительно этой гипотезы можно только замѣтить, что положеніе объ одинаковой плотности твердаго тѣла и газа въ состояніи надкритическомъ довольно произвольно, такъ какъ мы не имѣемъ никакого представленія о свойствахъ тѣлъ при тѣхъ условіяхъ, въ которыхъ находится центръ земли.

Наконецъ, Лазо предложилъ гипотезу, по которой земля имѣетъ около центра твердое ядро, а пространство между этимъ

ядромъ и твердою наружною корою занято вязкимъ веществомъ, *магмою*, какъ и въ гипотезѣ Цёпприца.

Лазо доказываетъ, что процессъ охлажденія земли долженъ былъ происходить въ двухъ направленіяхъ — отъ центра земли къ поверхности и отъ поверхности внутрь, къ центру. Первоначально земля представляла газообразный шаръ, который, охлаждаясь, сталъ сжиматься, отчего температура вновь немного повышалась, но увеличивалось и давленіе въ центрѣ; давленіе возрастало однако въ болѣе сильной степени, чѣмъ температура, такъ что въ центрѣ прежде всего долженъ былъ произойти переходъ газа въ жидкость. Въ то же время шло охлажденіе и поверхности и превращеніе ея въ жидкую массу; большая плотность жидкихъ частицъ заставляла ихъ опускаться и достигать мало по малу центра земли. Такимъ путемъ происходилъ постепенный переходъ изъ газообразнаго въ жидкое состояніе всего земного шара. При дальнѣйшемъ охлажденіи, на поверхности жидкаго шара образовались твердыя глыбы, изъ которыхъ болѣе тяжелыя опускались къ центру и образовали тамъ твердое ядро изъ самыхъ тяжелыхъ массъ, а болѣе легкія плавали на поверхности, затѣмъ соединялись, стали наростать снизу и образовали наружную кору, тогда какъ между послѣднею и твердымъ центральнымъ ядромъ оставался еще магматическій поясъ изъ массъ *болѣе легкихъ*, чѣмъ центральное ядро, но *болѣе тяжелыхъ*, чѣмъ основы наружной коры. Наружная кора и ея давленіе предохраняютъ отчасти магматическій поясъ отъ полнаго остыванія, и въ немъ сохранилась поэтому еще значительная доля того тепла, которымъ когда-то отличался весь земной шаръ.

Гипотеза Лазо раздѣляется многими геологами, потому что она удовлетворяетъ не только геологическимъ, но также астрономическимъ и физическимъ наблюденіямъ; однако основаніе ея о болѣе быстромъ возрастаніи давленія въ центрѣ, чѣмъ температуры, при сжатіи газообразнаго ядра, столь же произвольно, какъ и гипотеза Цепприца о плотности въ надкри-

тическомъ состоянiи газовъ въ центрѣ земли. Такимъ образомъ вопросъ о физическомъ состоянiи ядра остается открытымъ, и обѣ гипотезы, какъ Лазо, такъ и Цепприца, могутъ пользоваться почти одинаковымъ значенiемъ въ наукѣ; обѣ онѣ приводятъ къ рѣшенiю, что земная кора на нѣкоторой глубинѣ переходитъ не въ жидкую, а въ твердообразную, вязкую, массу.

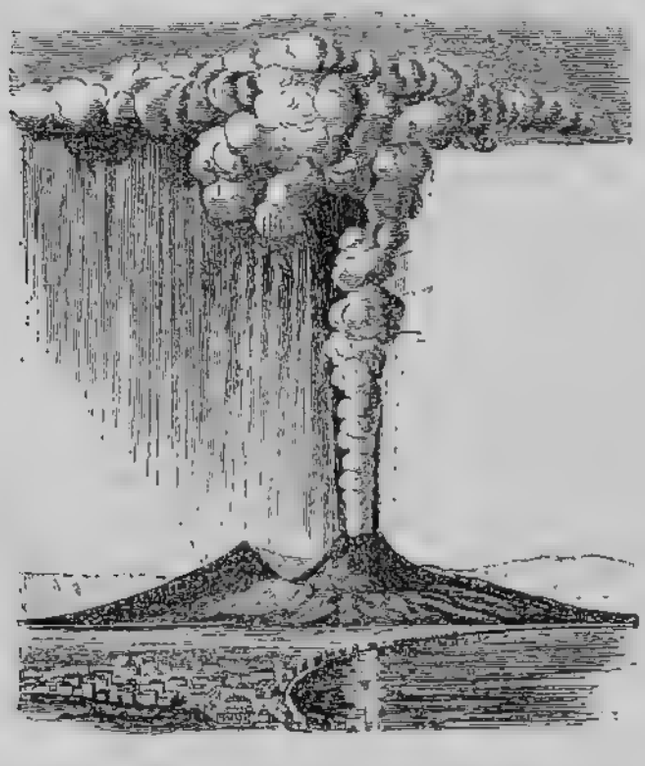
Вулканы.

Выходъ изъ нѣдръ земли расплавленной горной массы, такъ называемой лавы, сопровождаемый взбросами газовъ, паровъ и разныхъ рыхлыхъ продуктовъ, называютъ вулканическимъ изверженiемъ. Изъ продуктовъ изверженiя образуется обыкновенно конусообразная гора (чер. 70) — вулканъ — съ воронкообразнымъ углубленiемъ на вершинѣ, называемымъ кратеромъ, на днѣ котораго бываетъ одно или нѣсколько отверстiй (бокка).

Чер. 70. Идеальное строенiе вулкана (по Креднеру). a) старый вулканъ, b) обломки стараго кратера, c) новый кратеръ и d) коренныя породы.

Послѣдовательныя фазы изверженiя и продукты его. Сильныя изверженiя начинаются обыкновенно подземнымъ гуломъ и землетрясенiемъ, послѣ чего слѣдуютъ взбросы газовъ и паровъ, принимающiе видъ огромнаго дымового столба, оканчивающагося наверху пинiеобразнымъ (чер. 71) облакомъ, названнаго такъ впервые Плинiемъ, по сходству съ вѣтвями итал. сосны (пинiи). Взбросы газовъ и паровъ достигаютъ большой высоты; напр., при изверженiи Везувiя въ 1822 г. взбросъ достигалъ высоты 3-хъ верстъ, а при взрывѣ Кракатоа (въ Зондскомъ пр.) 27 августа 1883 г. — до 30 верстъ.

Вмѣстѣ съ газами и парами выбрасываются со дна кратера болѣе или менѣе измельченные, отвердѣвающіе на воздухѣ, кусочки лавы. Кусочки на подобіе золы называютъ вулканическимъ пепломъ, частицы въ видѣ песчинокъ — вулканическимъ пескомъ, болѣе же крупные кусочки, но не болѣе орѣха — лапилли или рапили и наконецъ, куски большихъ размѣровъ, принимающіе отъ вращенія въ воздухѣ круглую или грушевидную форму, — вулканическими бомбами (чер. 72).



Чер. 71. Пиніеобразное облако при изверженіи Везувія въ 1822 г. (По П. Скропе).

Чер. 72. Вулканическія бомбы.

Вмѣстѣ съ лавовыми продуктами пары увлекаютъ съ собою на нѣкоторую высоту камни и обломки разрушенныхъ породъ со дна кратера, и всѣ эти продукты падаютъ въ видѣ каменнаго дождя вокругъ кратера — крупные вблизи, а такіе, какъ пепелъ, могутъ уноситься далеко отъ мѣста взрыва и плавать болѣе или менѣе долго въ верхнихъ слояхъ атмосферы. При взрывѣ, пары, попадающіе въ верхніе слои атмосферы, охлаждаются и образуютъ тучи, разрѣшающіяся ливнемъ и грозою. Ливень,

смѣшиваясь съ вулканическимъ пепломъ, даетъ потоки грязи, образующіе впослѣдствіи по затвердѣніи горную породу, называемую вулканическимъ туфомъ.

Послѣдняя фаза изверженія представляетъ выходъ изъ кратера или изъ боковыхъ трещинъ его потоковъ лавы, составляющей самый важный продуктъ вулканической дѣятельности.

Составъ лавъ самый разнообразный, но во всѣхъ лавахъ главную роль играетъ кремневая кислота, по относительному

Чер. 73. Глыбовая лава вулкана Мауна Лоа (по Дуттону).

количеству которой, между прочимъ, и различаютъ кислыя (напр. липаритъ, трахитъ) и основныя лавы (андезитъ и базальты). Среди различныхъ лавъ чаще всего встрѣчаемъ трахитовыя, андезитовыя и базальтовыя. Трахитовыя, свѣтло-сѣраго цвѣта, содержатъ до 65% и болѣе кремневой кислоты; онѣ тугоплавкія и отличаются большою вязкостью. Андезитовыя лавы содержатъ болѣе 50% кремневой кислоты, а базальтовыя всего отъ 40 до 50%, требуютъ меньшей температуры для

плавленія (1100—1370° Ц.) и потоки ихъ жиже, темнаго и даже чернаго цвѣта. Всѣ лавы обыкновенно пропитаны массою газовъ и особенно водяныхъ паровъ, составляющихъ почти 99% всего количества газовъ; изъ газовъ же самые обыкновенные сѣрнистые. Извергаемые изъ кратера лавовые потоки устремляются вдоль склоновъ вулкана съ большею или меньшею скоростью, въ зависимости отъ густоты потока и отъ крутизны склоновъ; на Гаваи, въ вулканѣ Мауна Лоа, наблюдалась ско-

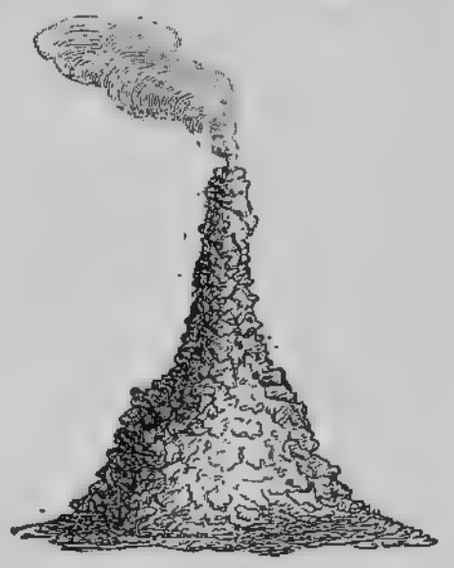
Чер. 74. Волнистая лава вулкана Килауэа (по Дана).

рость лавовыхъ потоковъ до 25 верстъ въ часъ, но такая скорость уже необыкновенная и присуща лишь весьма жидкимъ базальтовымъ лавамъ; при изверженіяхъ Везувія наблюдалась скорость не болѣе 3—4 верстъ въ часъ, а въ Этнѣ всего $^1/_2$ версты.

Размѣры лавовыхъ потоковъ крайне разнообразны; изъ большихъ потоковъ извѣстенъ потокъ въ Мауна Лоа длиною около 90 верстъ, шириною $4^1/_2$ в. и толщиною слишкомъ въ 300 футъ.

Протекая по склону вулкана, лава охлаждается, и на поверхности ея образуется твердая шлаковая кора, которая, вслѣдствіе продолжающагося движенія потока, ломается на мелкіе куски, такъ что образуется крайне неровная поверхность, принимающая видъ, иногда глыбовый (чер. 73), иногда волнистый (чер. 74).

Неровности поверхности лавового покрова способствуетъ особенно быстрота теченія лавы и обиліе въ ней газовъ и паровъ. Послѣдніе, выдѣляясь изъ лавы, производятъ на ея поверхности часто рядъ мелкихъ взбросовъ — явленіе извѣстное подъ именемъ фумаролъ. Выдѣленіе фумаролъ иногда происходитъ настолько сильно даже при образованіи шлаковой корки, что происходитъ какъ бы изверженіе изъ подъ шлака и образованіе изъ него конуса (чер. 75), изъ вершины котораго продолжаютъ выбрасываться пары и газы.



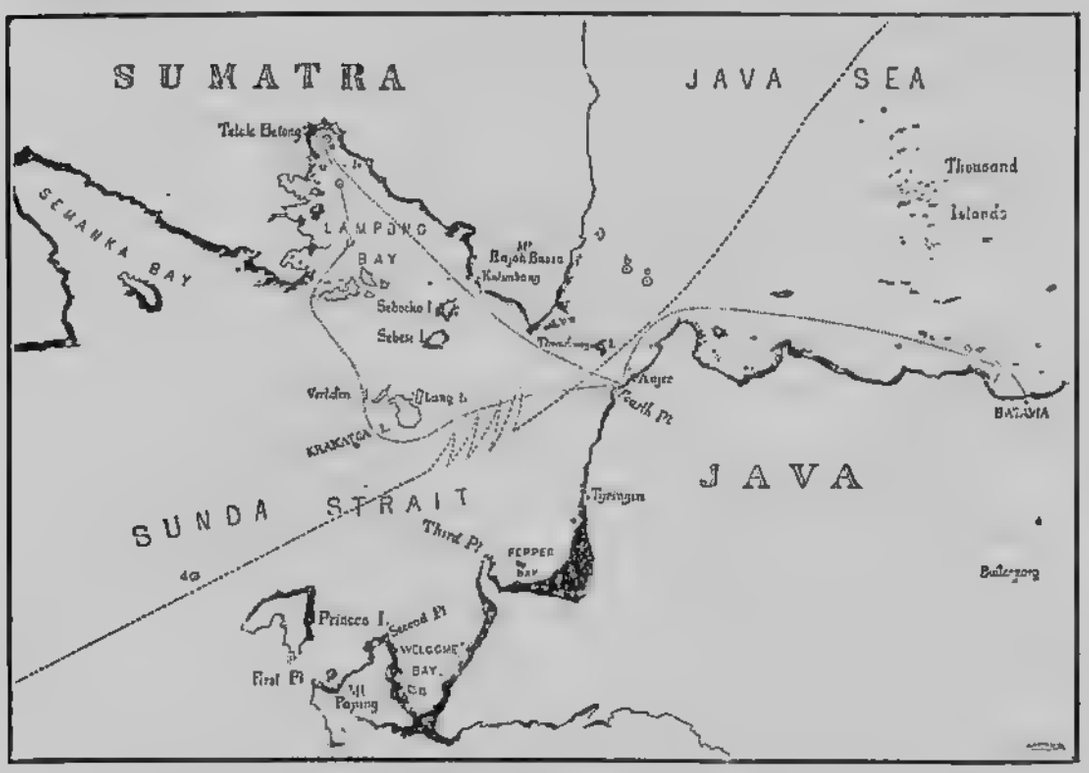
Чер. 75. Шлаковый конусъ.

При сильныхъ изверженіяхъ вулканъ даетъ трещины, черезъ которыя, какъ сказано выше, лава также устремляется на дневную поверхность, и даже изъ такихъ трещинъ лавовые потоки выходятъ чаще, чѣмъ изъ кратера; образованіе трещинъ можетъ быть различное при каждомъ изверженіи, и, слѣдовательно, каждое изверженіе можетъ образовать особое, совершенно различное, распредѣленіе лавовыхъ потоковъ на вулканическомъ конусѣ. Внутренность лавовыхъ потоковъ остываетъ довольно медленно; напр. лавовый потокъ Везувія 1858 г. черезъ 7 лѣтъ имѣлъ внутри еще температуру 72° Ц.

Кромѣ вышеупомянутыхъ продуктовъ изверженія, остается еще указать на продукты возгона, обусловливаемые перегрѣ-

тымъ состояніемъ паровъ и газовъ и послѣдующимъ ихъ охлажденіемъ. Къ такимъ продуктамъ относятся выдѣленія на кратерѣ сѣры, хлористаго натрія, калія, магнія, желѣза и т. д.

Различные типы изверженій; строеніе и формы вулкановъ. Не всегда и не во всѣхъ вулканахъ отдѣльныя фазы изверженія бываютъ одинаково развиты; наибольшею правильностью въ этомъ отношеніи отличаются изверженія Везувія.



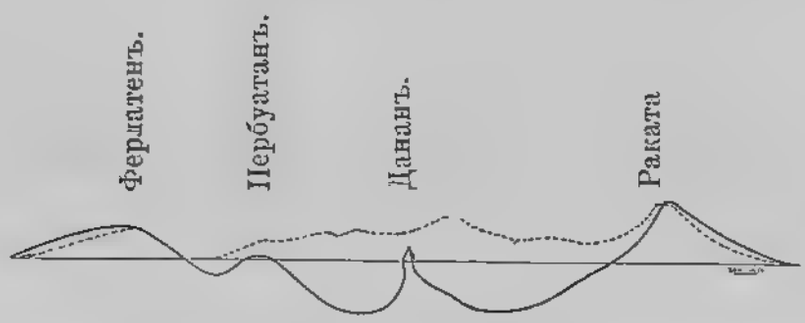
Чер. 76. Карта Зондскаго пролива.

Въ другихъ вулканахъ изверженія часто проявляются исключительно въ выносѣ на дневную поверхность одного какого либо продукта — пепла, лавы и т. п., тогда какъ другіе продукты при этомъ или вовсе не замѣчаются или же играютъ лишь второстепенную роль. Такъ, одно изъ самыхъ замѣчательныхъ изверженій, изверженіе Кракатоа въ 1883 г., далеко не похоже на обычныя изверженія Везувія.

Группа Кракатоа, состоящая изъ о-вовъ Кракатоа, Ферлатена и Лонга, расположена въ Зондскомъ проливѣ (чер. 76) и,

до изверженія 1883 г., на поверхности о-ва Кракатоа возвышались три вулканическихъ конуса: Пербуатанъ (выс. 399 ф.), Дананъ (выс. 1496 ф.) и Раката (2623 ф.); на черт. 77 горизонтальная линія представляетъ уровень моря.

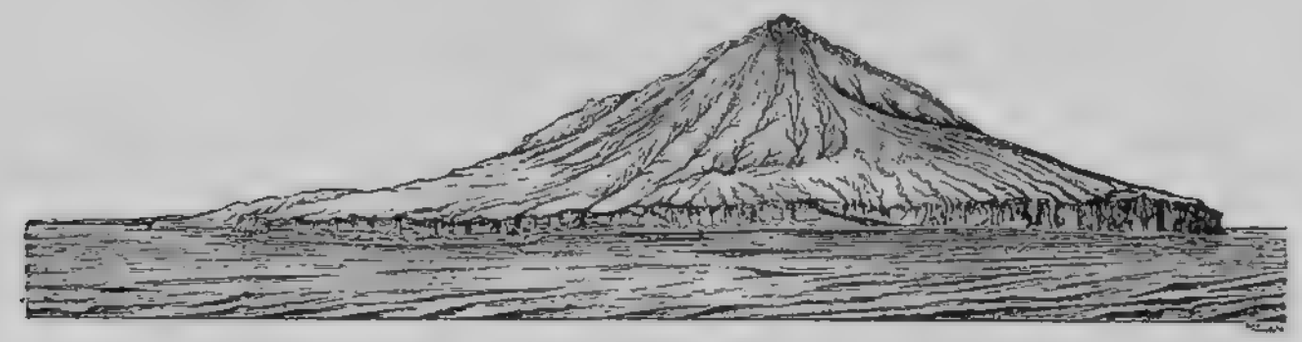
Эта маленькая вулканическая область оставалась въ покоѣ въ теченіе 2-хъ столѣтій и покрывавшая ее роскошная растительность заставляла забывать о дремавшихъ подъ нею подземныхъ силахъ. 20 мая 1883 г. жители Батавіи и Бутензорга (въ 100 миляхъ отъ Кракатоа) были разбужены страшнымъ



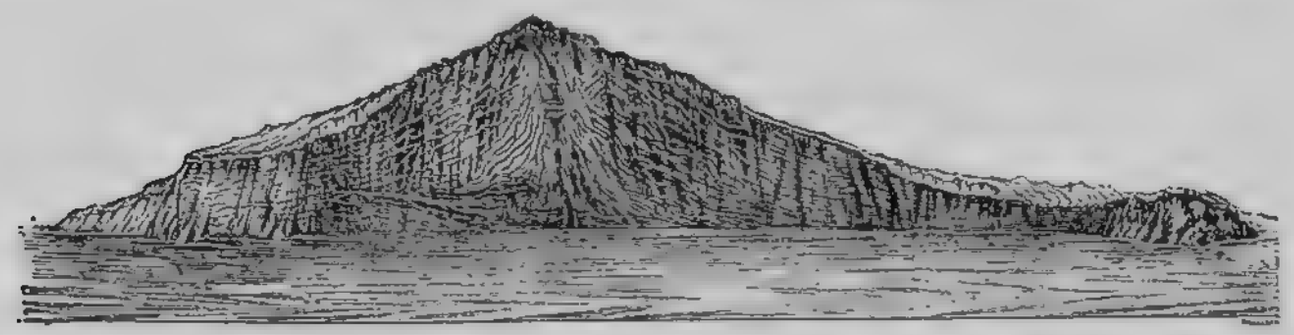
Чер. 77. Профиль Кракатоа и Ферлатена до изверженія (пунктир. линія) и послѣ него (сплошн. лин.).

грохотомъ, а на слѣдующій день замѣтили падающій пепелъ и паровой столбъ надъ Кракатоа. Море стало покрываться пемзою на довольно значительномъ разстояніи. По осмотрѣ о-ва 27 мая путешественниками изъ Батавіи, оказалось, что взбросы пара, пепла и пемзы происходили изъ кратернаго провала Пербуатана. Въ іюнѣ и іюлѣ изверженія того же характера продолжались съ перемѣнною силою, а въ началѣ августа надъ о-вомъ поднималось уже, кромѣ столба надъ Пербуатаномъ, два большихъ, изъ центральной части о-ва, и до 11 малыхъ столбовъ, расположенныхъ по всему острову. 26 августа взрывы стали усиливаться и слышны были на разстояніи 150 и болѣе миль, причемъ землетрясенія не замѣчалось, но въ Батавіи окна и стѣны домовъ дрожали отъ сильныхъ звуковыхъ колебаній, какъ бы отъ артиллерійской пальбы на близкомъ раз-

стоянiи. Суда, проходившiя вблизи Кракатоа *), покрывались толстымъ слоемъ теплой пемзы; воздухъ былъ горячiй и наполненъ пылью; лотъ со дна на глубинѣ 30 саж. поднимался совсѣмъ теплымъ. Изверженiе сопровождалось сильными электрическими явленiями въ атмосферѣ; на судахъ клотики мачтъ и ноки рей свѣтились постоянно огнями св. Эльма, а капитанъ парохода „Loudon“ разсказывалъ, что весь такелажъ и рангоутъ паро-



Чер. 78. Видъ Кракатоа отъ SE^{a} (послѣ изверженiя).



Чер. 78. Видъ Кракатоа отъ N^{a} (послѣ изверженiя).

хода былъ покрытъ самосвѣтящейся вулканической грязью. Утромъ 27 августа послѣдовалъ рядъ самыхъ сильныхъ взрывовъ, послужившихъ причиною появленiя огромныхъ волнъ на морѣ и воздушныхъ волнъ въ атмосферѣ, обошедшихъ весь земной шаръ. Пошелъ затѣмъ дождь, смѣшанный съ пепломъ, и суда, застигнутыя грязнымъ ливнемъ, должны были за тем-

*) На чер. 76 показаны пути судовъ Bal (черточками) и Loudon (пунктиромъ), и въ a, b, c, d, мѣсто судовъ: Marie, Northam Castle, Sir R. Gale и Berbice.

нотою становиться на якорь и постоянно очищать рангоутъ, такелажъ и палубу отъ грязи, о количествѣ которой можно судить изъ того, что на палубѣ судна „Berbice“, около 2 ч. ночи, слой грязи достигъ толщины въ $3^1/_2$ фута. Въ тоже время огромныя массы тягучей грязи, пемзы и шлаковъ распространились по Зондскому проливу. 28 августа изверженіе стало понемногу стихать и затѣмъ вулканъ потухъ.

Такимъ образомъ обычнаго изліянія лавы не послѣдовало, и заключительнымъ актомъ изверженія былъ взрывъ, отличавшійся отъ предшествовавшихъ взрывовъ лишь значительно большею силою. Видимымъ результатомъ этихъ взрывовъ оказалось исчезновеніе Пербуатана и Данана; остался лишь конусъ Ракаты, но сѣверная часть его все же раскололась и обвалилась

Чер. 79. Профиль Бандайсана.

(чер. 78), обнаруживъ довольно отчетливо внутреннее строеніе вулкана.

Взлетѣли ли Пербуатанъ и Дананъ на воздухъ, или провалились внизъ, — неизвѣстно. Вербеекъ полагаетъ, что основаніе ихъ, размягчаясь и опускаясь во все время изверженія, не въ состояніи было наконецъ поддерживать расположенныхъ надъ нимъ горныхъ массъ и онѣ обрушились; вслѣдствіе же обвала морская вода устремилась на раскаленную лаву и усилила мгновенно напряженность паровъ, которыми затѣмъ и была подброшена лава смѣшанная съ морскою водою и грязью. Профессоръ Юддъ считаетъ болѣе вѣроятнымъ, что при послѣднемъ взрывѣ взлетѣли на воздухъ и остатки основанія вулкана.

Во всякомъ случаѣ главная масса продуктовъ состояла изъ паровъ, пепла, шлаковъ и пемзы.

Въ подобномъ же родѣ изверженіе, но только исключительно однихъ паровъ, имѣло мѣсто въ Бандайсанѣ, въ Японіи, 3 (15) іюля 1888 г. Этимъ изверженіемъ взорвана часть горы, показанная на чер. 79 незатушеванною частью до пунктирнаго профиля.

Иначе дѣло было въ изверженіи 1866 г. въ группѣ Санторина (Греч. архип.), состоящей изъ о-вовъ Тера, Теразія и расположенныхъ между ними маленькихъ о-вковъ Аспронизи, Неа-Микро и Палеа-Каймени (чер. 80). Здѣсь изверженіе на-

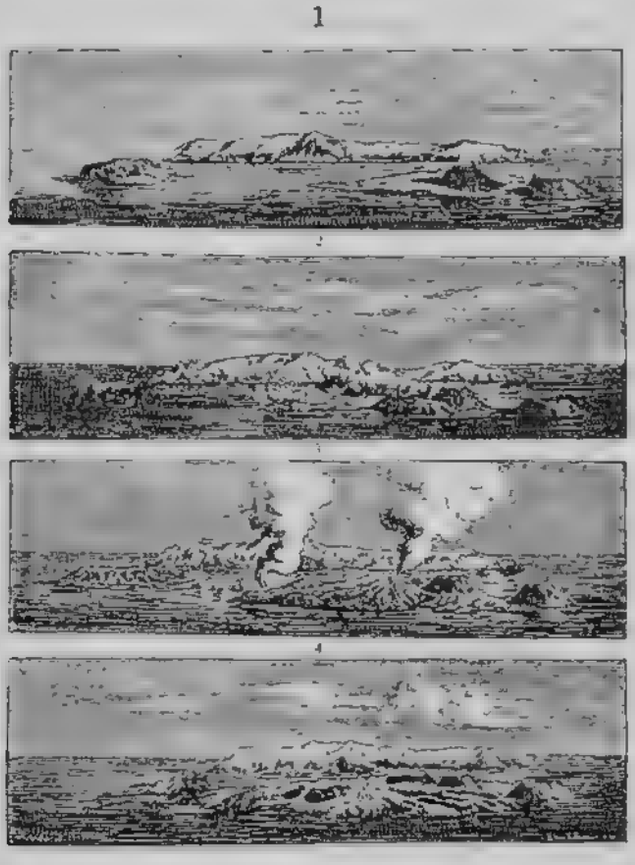
Чер. 80. Группа Санторина.

чалось появленіемъ 1 февраля трещины у югозападнаго края Неа-Каймени и выходомъ изъ нея массы тягучей (андезитовой) лавы въ видѣ черной глыбы, поднявшейся выше уровня воды и образовавшей о-вокъ „Георгіосъ“, изъ котораго затѣмъ уже только 20 февраля произошелъ сильный взрывъ (чер. 81).

Еще болѣе поучительный примѣръ преобладанія исключительно лавовыхъ изверженій представляютъ намъ вулканы на о-вѣ Гаваи.

На островѣ (чер. 82) пять вулканическихъ центровъ, изъ которыхъ теперь дѣйствуютъ два—Мауна Лоа (выс. 13754 ф.) и Килауэа (выс. 4060 ф.).

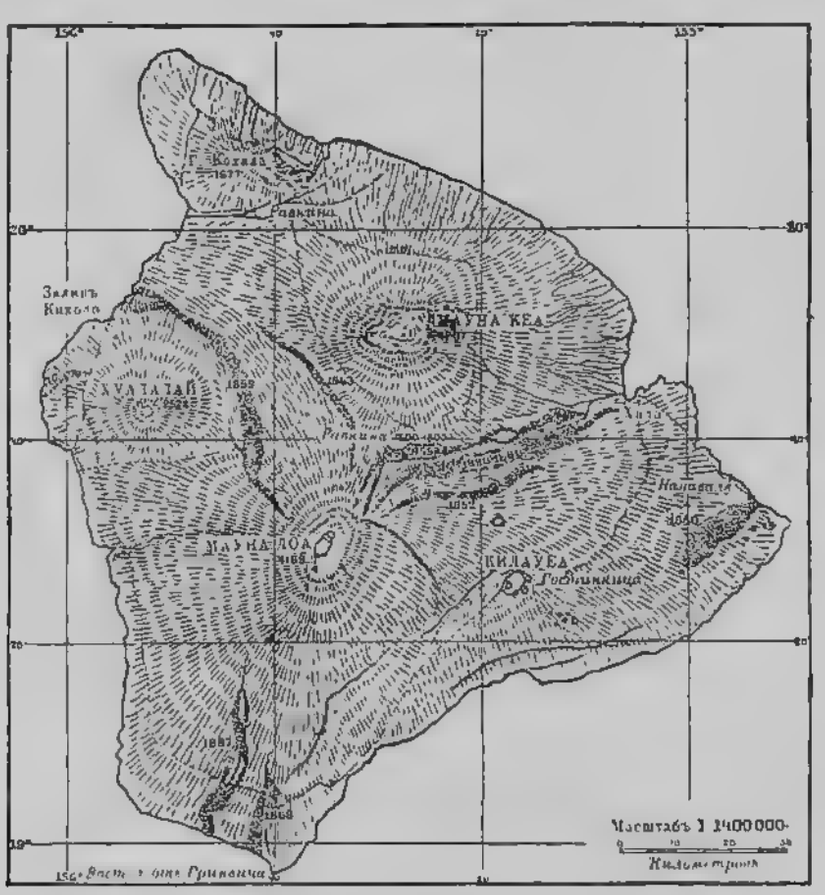
Изверженія обоихъ имѣютъ довольно правильный характеръ, и состоятъ въ изліяніи изъ кратера и боковыхъ его трещинъ базальтовыхъ лавъ настолько жидкихъ, что даже на неболь-



Чер. 81. 1) Каймени до изверженія, 2) и 3) во время извѣрженія и 4) послѣ изверженія.

шихъ склонахъ онѣ текутъ подобно водѣ, а на обрывахъ образуютъ настоящіе лавопады. Исключительно лавовыми изверженіями отличается вулканъ Килауэа. Кратеръ его представляетъ огромную террасообразную котловину (около 4-хъ в. въ діам.) съ отвѣсными стѣнками до 700 ф. высоты, состоящими изъ горизонтальныхъ слоевъ базальтовыхъ потоковъ и покрововъ, безъ рыхлыхъ вулканическихъ продуктовъ; на плоскомъ днѣ кратера лава мѣстами застывшая, а мѣстами образуетъ озера.

Передъ изверженіемъ лава въ кратерѣ постепенно поднимается и весь кратеръ наполняется огненною, кипящею лавою, съ поверхности которой струится паръ и мѣстами иногда выбрасываются огненные фонтаны высотою 10—20 ф. и болѣе (чер. 83). Затѣмъ, спустя нѣкоторое время, впрочемъ весьма продолжительное, лава начинаетъ извергаться черезъ трещину,



Чер. 82. Карта о-ва Гаваи.

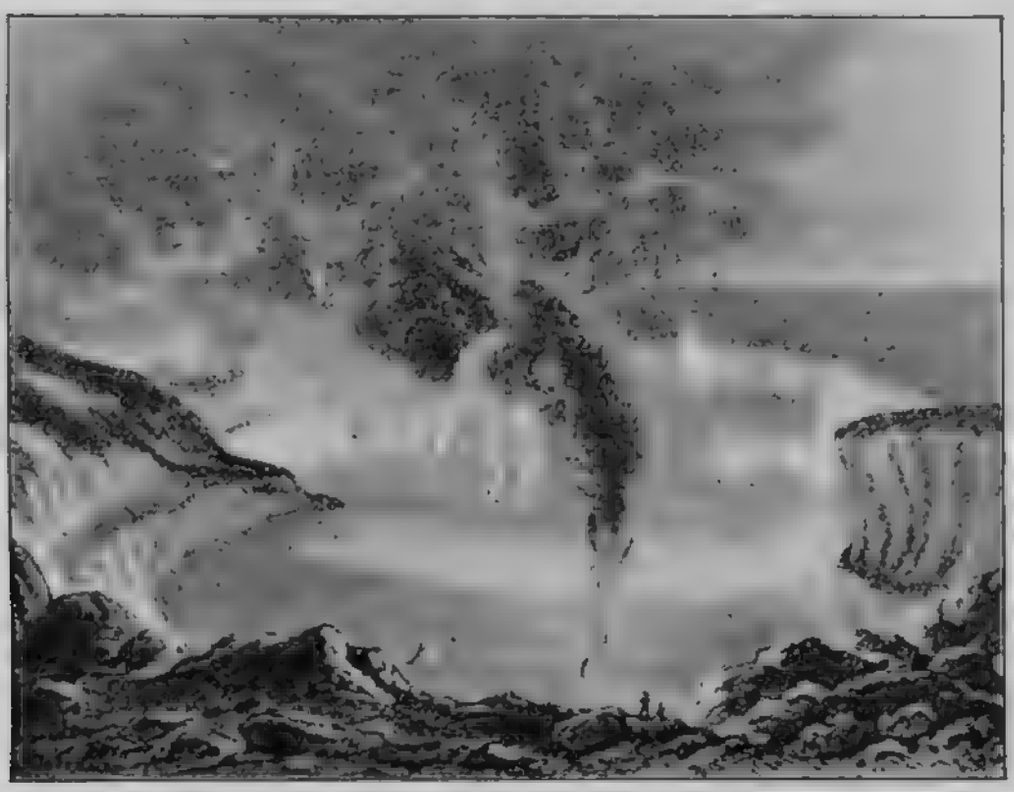
образующуюся въ это время гдѣ либо на склонѣ кратера; вслѣдъ за этимъ уровень лавы въ кратерѣ понижается, лава отступаетъ во внутреннія пустоты вулкана и иногда дно кратера проваливается и на его мѣсто снова выступаетъ лавовое озеро (чер. 84). Таковъ въ общемъ характеръ изверженій вулкана Килауэа.

За періодъ времени съ 1823 по 1886 г. извѣстно 8 большихъ его изверженій, отдѣленныхъ промежутками отъ 6 до

13 лѣтъ, и ни одно изъ этихъ изверженій не выбрасывало рыхлыхъ продуктовъ въ замѣтномъ количествѣ.

Подобно Килауэѣ дѣйствуетъ и Мауна Лоа, только въ послѣднемъ иногда и рыхлые продукты играютъ замѣтную роль.

Наконецъ имѣются примѣры изверженій исключительно пепельныхъ; къ такимъ изверженіямъ причисляютъ изверженіе въ 1538 г. Монте Нуово (чер. 85), близъ Поццуоли (около



Чер. 83. Кратеръ Килауэа въ 1823 г. (по Дуттону).

Неаполя), изверженіе вулкана Темборо на Сумбавѣ (Зондскіе о-ва) въ 1815 г. и т. п.

Такимъ образомъ можемъ различать 4 простѣйшихъ типа изверженій: 1) типъ съ равномѣрно развитыми фазами явленій (типъ Везувія), 2) преобладаніе пепла, 3) лавовыя изверженія и 4) взрывы паровъ и газовъ. Одинъ и тотъ же вулканъ можетъ проявлять въ разные періоды своей дѣятельности различные типы изверженія, и, такимъ образомъ, строеніе его можетъ оказаться весьма сложнымъ, но въ общемъ оно будетъ связано съ

преобладаніемъ того или другого типа. Въ типѣ Везувія продукты изверженія располагаются какъ бы слоями, въ которыхъ чередуются, то рыхлые, то плотные продукты, хотя особой правильности въ чередованіи обыкновенно и не наблюдается — такіе вулканы называютъ слоистыми.

При преобладаніи рыхлыхъ продуктовъ получаются пепельные конусы (чер. 86), отличающіеся отъ слоистыхъ вулкановъ лишь меньшею прочностью, вслѣдствіе отсутствія лавы.

Чер. 84. Кратеръ Килауэа въ 1881 г. (по Дуттону).

Лавовыя изверженія придаютъ вулканическимъ новообразованіямъ характеръ плотной однородной массы и такіе вулканы называютъ однородными, массивными. Большинство этихъ вулкановъ принадлежитъ къ древнѣйшимъ эпохамъ, преимущественно къ пермскимъ и тріасовымъ.

Что касается формы вулканическихъ образованій, то чаще всего встрѣчаются конусообразныя формы, съ кратерными углубленіями, часто весьма неправильными, особенно у такихъ вулкановъ, которые долго находились въ покойномъ состояніи, такъ какъ возобновленіе дѣятельности вулкана, послѣ его

покоя, проявляется обыкновенно сильнымъ изверженіемъ, которымъ разрушается старый кратеръ, образуются новые центры изверженій и новые вулканическіе конусы. Лавовыя изверженія происходятъ вообще спокойнѣе пепельныхъ, причемъ иногда лава обладаетъ даже столь большою вязкостью, что, при выходѣ изъ кратернаго канала, она останавливается надъ устьемъ и, будучи надавливаема снизу новыми массами, приводитъ къ образованію куполообразной горы безъ кратернаго углубленія (чер. 87), какъ это имѣло мѣсто напр. при образованіи о-ва Георгіоса, въ группѣ Санторина, въ 1866 г.

Чер. 85. Монте Нуово на Байскомъ берегу.

Кромѣ обособленныхъ массивныхъ конусовъ съ кратероподобными углубленіями или безъ оныхъ, типъ лавовыхъ изверженій, особенно изъ прежнихъ геологическихъ эпохъ, проявляется еще въ формѣ массивныхъ гребневыхъ горъ или въ формѣ обширныхъ покрововъ или плато. Образованіе такихъ формъ объясняютъ изліяніемъ лавы изъ ряда продолговатыхъ кратеровъ, расположенныхъ на удлиненныхъ губообразныхъ трещинахъ, настолько близко другъ къ другу, что лавы сливаются въ одну общую массу, или же происходитъ соединеніе всѣхъ центровъ изверженія въ одинъ. Примѣромъ такихъ вулканическихъ образованій могутъ служить базальтовые покровы въ зап. частяхъ Сѣв. Америки, въ Остъ-Индіи, Исландіи, въ Богеміи (чер. 13 стр. 74), небольшія андезитовыя горы у южнаго

склона Карпатовъ и т. п. При такихъ же условіяхъ, т. е. изъ нѣсколькихъ близкихъ между собою отверстій, могутъ выбрасываться и рыхлые продукты и этимъ путемъ образовать шлаковые валы, какіе наблюдаются въ Исландіи.

Наконецъ, многія изъ встрѣчаемыхъ теперь массивныхъ вулканическихъ формъ могутъ быть слѣдствіемъ обнаженія ихъ (денудаціи) подъ вліяніемъ размывающаго дѣйствія водъ и вывѣтриванія потухшихъ слоистыхъ вулкановъ. Подъ такимъ вліяніемъ, если оно длится долгое время, весь рыхлый туфовый остовъ вулкана совершенно уничтожается и на дневную поверхность выходитъ только твердая часть, такъ сказать, ядро

Чер. 86. Пепельный конусъ (по Скропе).

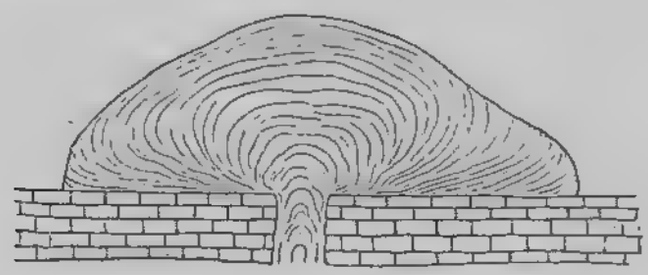
слоистаго вулкана, представляющее или лавовый конусъ или имѣющее видъ жилъ и штоковъ (чер. 14 и 15, стр. 74, 75). При благопріятныхъ условіяхъ могутъ быть обнажены и древнѣйшія изверженія, не доходившія до земной поверхности (плутоническія), и образовавшія массивные купола, съ приподнятыми надъ ними пластами и съ каналами, по которымъ двигалась лава. Такія образованія извѣстны подъ именемъ лакколитовъ (чер. 88) и впервые были изслѣдованы въ Сѣв. Америкѣ; лакколиты можно встрѣтить и въ другихъ мѣстахъ, напр. г. Кастель и Аю-Дагъ въ Крыму причисляютъ къ лакколитамъ.

Среди массивныхъ формъ обнаженій интересны еще столбчатыя отдѣльности. При медленномъ застываніи внутренности лавовыхъ потоковъ образуются трещины, и вся масса распа-

дается на многогранные столбы, расположенные горизонтально или вертикально. Фингаловая пещера на о-вѣ Стаффа, у береговъ Шотландіи (чер. 89), представляетъ одинъ изъ лучшихъ примѣровъ базальтовой столбчатости.

Такимъ образомъ, если принять во вниманіе не только дѣйствующіе вулканы, но и результаты денудаціи, то формы вулканическихъ новообразованій представятъ большое разнообразіе.

Кромѣ указанныхъ формъ проявленія вулканизма, къ нему относятся еще такъ называемые маары, кратерообразныя углубленія съ обломками проломанной коры, наполняющей собою и кратерный каналъ; полагаютъ, что это первое проявленіе вулканической дѣятельности, безъ изліянія лавы, и что послѣ этого



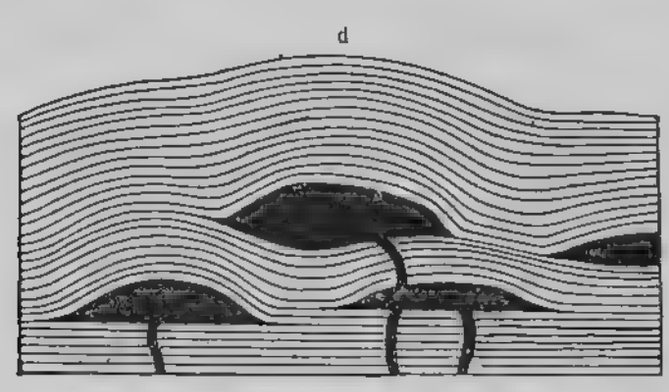
Чер. 87. Профиль лавоваго купола (по Реперу).

вулканъ потухъ. Маары встрѣчаются въ вулканической области Лаахерскаго озера, въ Албанскихъ горахъ, но больше всего ихъ на островѣ Ява.

Изверженія происходятъ нерѣдко на днѣ морей (подводные вулканы), но формы такихъ вулканическихъ новообразованій могутъ быть наблюдаемы лишь тогда, когда рядомъ изверженій почва приподнимается выше уровня моря и образуются такъ называемые вулканическіе острова, о чемъ подробнѣе мы говоримъ ниже, въ главѣ объ островахъ.

Потуханіе вулкана. Дѣятельность почти всѣхъ вулкановъ имѣетъ непостоянный характеръ; изъ постоянно дѣйствующихъ вулкановъ извѣстны пока Стромболи (Липарскіе о-ва, вблизи Италіи) и Сангай (Квито, Южная Америка).

Вулканы, не проявляющіе никакой дѣятельности и расположенные въ области полнаго вулканическаго покоя, могутъ считаться потухшими; таковые, напримѣръ, вулканы въ Оверни. Всѣ же другіе вулканы слѣдуетъ причислять къ дѣйствующимъ или временно отдыхающимъ. Между послѣдними однако встрѣчаются вулканы, какъ бы близкіе къ степени потуханія, такъ какъ дѣятельность ихъ настолько ослабѣваетъ, что она ограничивается лишь выдѣленіемъ изъ кратера, или боковыхъ его трещинъ, водянаго пара и сѣрнистыхъ газовъ или углекислоты. Такого рода вулканы находятся, напримѣръ, въ окрестностяхъ Неаполя, на Байскомъ берегу, и между ними особенно типиченъ

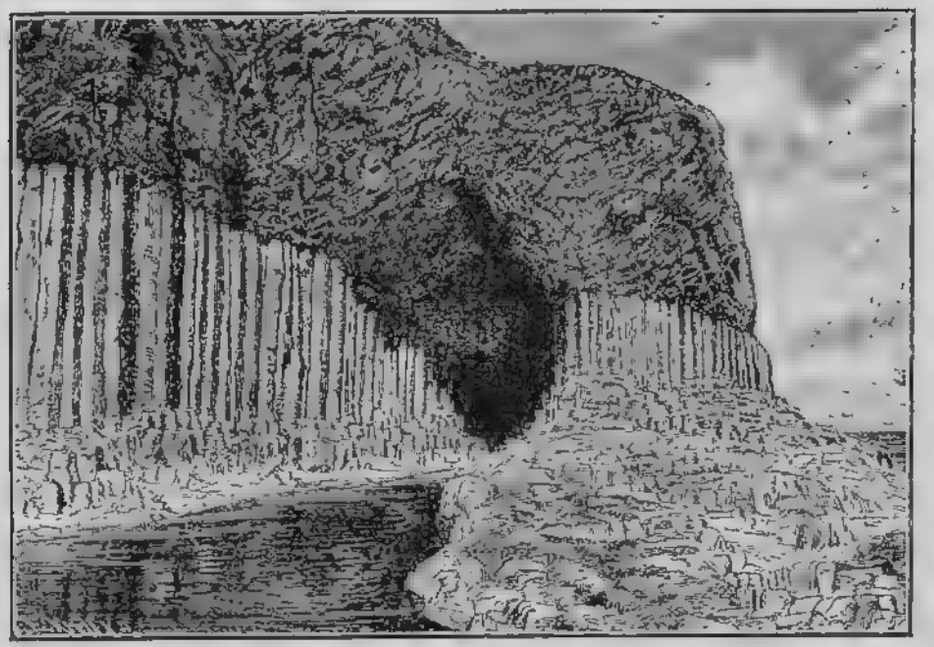


Чер. 88. Лакколиты.

Сольфатара, проявляющій съ самыхъ древнихъ временъ одну и ту же степень напряженности, выдѣляя постоянно паръ и газы сѣрнистой и хлористоводородной кислотъ. Его именемъ и принято называть всѣ вулканы, находящіеся въ подобной же стадіи потуханія. Дальнѣйшая ступень ослабленія вулканизма характеризуется прекращеніемъ продуктовъ сольфатаръ и выходомъ лишь однихъ углекислыхъ газовъ (мофетты) или горячихъ источниковъ.

Грязные вулканы, называемые также сальзами, представляютъ подобно настоящимъ вулканамъ, конусы, образовавшіеся изъ продуктовъ, выбрасываемыхъ изъ отверстія — кратера, но здѣсь вмѣсто лавы выливается глинистая грязь,

сопровождаемая выдѣленіемъ газовъ, большею частью углеводородныхъ. Изверженія сопровождаются также иногда землетрясеніями, трещинами въ корѣ и осѣданіями; изъ кратера выдѣляется водяной паръ, и появляется иногда огонь вслѣдствіе загорѣвшихся газовъ. Подобныя явленія случаются однако лишь при весьма сильныхъ изверженіяхъ, обыкновенно же выбрасываніе грязи происходитъ довольно спокойно и температура выбрасываемыхъ продуктовъ не высокая, достигая лишь иногда



Чер. 89. Фингаловая пещера на о-вѣ Стаффа.

30°—40° Ц. Грязные вулканы особенно распространены на Кавказѣ, на Таманскомъ полуостровѣ (Азовское море) и т. д. Абихъ, изслѣдовавшій химическій составъ грязи вулкановъ Таманскаго полуострова, нашелъ что она схожа съ трахитовою лавою. Нѣкоторые сальзы, какъ, напримѣръ, въ Каспійскомъ морѣ, около Баку, богаты нефтью. Здѣсь же наблюдаются часто подводныя сальзовыя изверженія, отъ которыхъ, также какъ и при дѣйствіи обыкновенныхъ подводныхъ вулкановъ, образуются острова. Весьма интересное явленіе представляютъ вблизи Баку газы, постоянно выдѣляемые со дна моря, производящіе на по-

верхности родъ кипѣнія воды; если бросить въ такое мѣсто зажженную паклю, то поверхность моря загорается и, при небольшомъ вѣтрѣ, пламя, переходя съ мѣста на мѣсто, можетъ продержаться довольно долго, производя весьма эффектное явленіе прыгающихъ на поверхности моря огоньковъ.

Географическое распредѣленіе вулкановъ. Почти всѣ дѣйствующія вулканическія области расположены на прибрежьи океановъ и морей или на островахъ (кар. 3). Тихій океанъ весь окруженъ вулканами. Начиная отъ Огненной земли и Магелланова пролива, вдоль Кордильеръ Южной Америки тянется рядъ Патагонскихъ и Чилійскихъ вулкановъ, среди которыхъ самый высокій Аконгагуа (23000 ф.); здѣсь же недалеко, между Вальпарайзо и о-вомъ Жуанъ-Фернандецомъ, находится подводный вулканъ. Далѣе слѣдуетъ Боливійско-Перуанская вулканическая область, заключающая нѣсколько огромныхъ вулкановъ, изъ которыхъ нѣкоторые впрочемъ удалены отъ моря до 300 верстъ. Затѣмъ идутъ вулканы Экуадора, расположенные на горахъ, окружающихъ плоскогорье Квито; здѣсь замѣчательны постоянно дѣйствующій вулканъ Сангай (выс. 17 т. ф.), и необыкновенно правильной конической формы вулканъ Котопахи, извѣстный своими изверженіями уже съ XVI стол. Изверженія Котопахи, подымающейся выше снѣговой линіи, замѣчательны тѣмъ, что плавятъ покрывающія гору снѣговыя массы и даютъ мощные грязевые потоки, опустошающіе окрестныя ущелья на большомъ разстояніи. За вулканами Экуадора начинается въ нѣкоторомъ разстояніи рядъ вулкановъ Центральной Америки, расположенныхъ на примыкающей къ океану равнинѣ, въ видѣ сравнительно незначительныхъ холмовъ; только вблизи Гватемалы вершины нѣкоторыхъ подымаются выше 12 тыс. футъ. Среди этихъ вулкановъ наиболѣе выдается по силѣ изверженій Козегвина, расположенный на сѣв.-запад. оконечности Никарагуа; его изверженіе въ 1835 г. не уступаетъ вышеописанному извержению Кракатоа 1883 г.

Мексиканская вулканическая область простирается по двумъ направленіямъ: одни вулканы идутъ вдоль южнаго обрыва Мексиканскаго плоскогорія, отъ Тихаго океана къ Мексиканскому заливу, а другіе съ сѣвера на югъ. Частью вулканы въ этой области давно уже потухли, а частью образовались въ сравнительно недавнее время. Такъ, напр., Попокатепетль (около 18 т. ф.), не проявляетъ дѣятельности уже съ конца XVII ст., тогда какъ другой извѣстный вулканъ Хорулько появился внезапно въ 1759 г. среди довольно ровной мѣстности, вокругъ которой на разстояніи почти 200 верстъ не было до того ни одного вулкана. Подобное появленіе новыхъ вулкановъ въ Мексиканской области случалось и во 2-ой половинѣ XIX столѣтія.

Подвигаясь далѣе къ сѣверу, мы встрѣчаемся съ рядомъ вулкановъ, частью потухшихъ, частью дѣйствующихъ, въ Калифорніи и въ вулканической области у восточнаго подножія цѣпи Сіерра-Невада, въ Великой Котловинѣ и на плато Колорадо. Большое число кратеровъ и конусовъ, мѣстами хорошо сохранившихся, и большія массы изверженныхъ породъ свидѣтельствуютъ о томъ, что эти страны были еще недавно ареною сильнѣйшей вулканической дѣятельности.

Также на продолженіи Сіерра-Невады, въ Каскадныхъ горахъ, еще недавно были изверженія на горахъ Бэкеръ (1880 г.) и Св. Елена (1843 г.). — Отъ горы Бэкеръ къ сѣверу цѣпь вулкановъ прерывается, но къ сѣверу отъ горы Св. Иліи имѣется дѣйствующій теперь вулканъ на горѣ Врангеля.

Съ Аляски тянется опять цѣлый рядъ вулкановъ, переходящій и на Алеутскіе о-ва, на которыхъ насчитываютъ до 48 вулкановъ, дѣйствовавшихъ въ историческое время, а у Аляски островъ Св. Августина произвелъ изверженіе даже весьма недавно (1883 г.).

Азіатскій берегъ Тихаго океана начинается Камчатскими вулканами (назыв. сопками), среди которыхъ нѣкоторые уже

давно потухли и представляютъ лишь разрушенные кратеры, заполнившіеся водою (Курильское озеро, Кроноцкое озеро, Авачинская бухта), тогда какъ другіе находятся еще въ стадіи сольфатаръ. Изъ дѣйствующихъ вулкановъ наиболѣе извѣстны Авачинская сопка и особенно Ключевская; послѣдняя принадлежитъ къ наиболѣе высокимъ вулканическимъ конусамъ на всемъ земномъ шарѣ, если принять во вниманіе не абсолютную высоту вулкановъ надъ уровнемъ моря, но высоту относительно основанія, состоящаго изъ невулканическихъ породъ. Ключевская сопка возвышается почти до 15 т. футъ надъ своимъ основаніемъ, приподнятымъ надъ уровнемъ моря всего около 1 т. футъ, тогда какъ многіе другіе вулканы, и въ томъ числѣ вышеупомянутые южно-американскіе, отличаются лишь бо́льшей абсолютною высотою, вслѣдствіе положенія ихъ на высокихъ плоскогорьяхъ или же на высокихъ горныхъ вершинахъ.

Къ югу отъ Камчатки идетъ рядъ Курильскихъ и Японскихъ вулкановъ, общимъ числомъ до 100, при чемъ половина ихъ дѣйствуетъ. Наибольшею извѣстностью среди японскихъ вулкановъ пользуются вулканы Нипона — самый большой Фушіяма (выс. $12^1/_2$ т. ф.), Асомаяма и Бандайсанъ и на о-вѣ Кіу-сіу—Асояма; изъ нихъ Бандайсанъ, долгое время находившійся въ покоѣ, произвелъ неожиданно взрывъ паровъ 15 іюля 1888 г. (чер. 79), разрушившій значительную часть горы.

Ряды вулкановъ на Ліу-кіу, Формозѣ, Филиппинскихъ и Молукскихъ, такъ-же какъ на Бонинѣ и Маріянскихъ островахъ, вулкановъ, частью потухшихъ, а частью дѣйствующихъ, заканчиваютъ собою вулканическую область азіатской стороны Тихаго океана. Отъ Новой Гвинеи начинается Полинезійская область, охватывающая острова Соломоновы, Ново-Гебридскіе Фиджи, Новую Зеландію, Кермадекъ, Самоа и Тонга. Въ этой области особенно замѣчательна Новая Зеландія, съ цѣлымъ рядомъ небольшихъ кратеровъ, богатая и грязными вулканами, горячими ключами и гейзерами. Изъ Ново-Зеландскихъ вулкановъ слѣдуетъ отмѣтить Тараверу; ея изверженіе въ

1886 году сопровождалось образованіемъ трещины, около 14 верстъ длиною, изъ которой, какъ изъ ряда слившихся между собою кратеровъ, выброшено было огромное количество пара, пепла, шлаковъ и камней. Полинезійская вулканическая область, примыкая на востокѣ, уже вблизи Южно-Американскаго берега, къ вулканическимъ островамъ Жуанъ Фернандецъ и Галапагосскимъ, заканчиваетъ собою вулканическій поясъ, обхватывающій весь Тихій океанъ; почти въ серединѣ этого пояса расположены знаменитые базальтовые вулканы Гаваи — Мауна Лоа и Килауэа.

Изъ Тихаго океана вулканическая цѣпь переходитъ съ одной стороны въ Антарктическую область, гдѣ извѣстны дѣйствующіе вулканы на материкѣ „Викторія“ (Эребусъ), а съ другой на прибрежье и острова Индійскаго океана.

Отъ острова Тимора (около сѣв. берега Австраліи), черезъ Яву, Зондскій проливъ и Суматру тянется Зондская область, вулканы которой занимаютъ едва-ли не первое мѣсто въ свѣтѣ по силѣ изверженій и широтѣ своей дѣятельности. На сѣверномъ берегу острова Сумбава, восточнѣе Явы, высится одиноко вулканъ Темборо, извержения котораго въ 1815 г. принадлежатъ къ числу самыхъ замѣчательныхъ въ лѣтописяхъ вулканизма; при этомъ изверженіи окрестное море было покрыто пемзою въ 2 ф. толщины, а островъ Ломбокъ покрылся такой же толщины пепломъ. Считаютъ, что этимъ изверженіемъ было выброшено 200—300 кв. кил. рыхлыхъ продуктовъ. Также вулканы Явы, группирующіеся по серединѣ острова, равно какъ и вулканы Зондскаго пролива, извѣстны своими грозными изверженіями; изъ первыхъ Гунунгъ-Гелунгунгъ произвелъ большія опустошенія въ 1822 г., а въ Зондскомъ проливѣ — Кракатоа въ 1883 г.

За вулканами Суматры слѣдуетъ область, охватывающая вулканическій островъ Барренъ, въ Андаманской группѣ, Чедуба и рядъ вулкановъ Бирмы. Подвигаясь отсюда къ Персидскому заливу, мы находимъ лишь слѣды древнѣйшихъ изверженій.

Новѣйшія вулканическія образованія начинаются вновь на африканскомъ берегу въ Афарѣ, между Аббисинскимъ и Сомальскимъ плоскогорьемъ, гдѣ расположены дѣйствующіе вулканы Дубби и Эртеали. Далѣе, къ югу, вулканы озера Рудольфи, изъ которыхъ Телеки дымится почти непрерывно, и, наконецъ, еще южнѣе, область уже потухшихъ вулкановъ, съ громаднѣйшимъ, покрытымъ вѣчнымъ снѣгомъ; Килиманджаро (выс. 20 т. ф.). Отсюда вулканическая дѣятельность переходитъ на острова Коморенскіе, Мадагаскаръ и Маскаренскіе, гдѣ частью дѣйствующіе, и частью потухшіе вулканы. Въ южной части Индійскаго океана острова Павла и Амстердама, равно какъ Принца Эдуарда, Крозета и Кергеленскіе, принадлежатъ уже къ потухшей вулканической области. Сѣвернѣе восточно-африканскихъ вулкановъ тянется западно-аравійская а затѣмъ Сирійская вулканическая область, а далѣе, къ сѣверу, потухшіе вулканы Армянскаго плоскогорья и Кавказскаго хребта.

Во главѣ Армянскихъ вулкановъ стоитъ Большой Араратъ, дѣйствовавшій еще въ историческое время (до 15 стол.), а на Кавказѣ—вполнѣ потухшіе Эльбрусъ и Казбекъ. Южнѣе Каспійскаго моря, въ хребтѣ Эльбурсъ, дымится иногда еще вулканъ Демавендъ. Направлялсь отъ потухшихъ Малоазійскихъ вулкановъ на западъ, мы вновь вступаемъ въ область дѣйствующихъ вулкановъ на островахъ и прибрежьи Средиземнаго моря. Здѣсь мы имѣемъ вулканическую область Санторина, о изверженіяхъ которой было сказано выше, Неаполитанскую область, съ Везувіемъ и Флегрейскими полями, вулканическую область Липарскихъ острововъ, и Сицилійскую, съ Этною и Пантелларіею. Везувій, единственный дѣйствующій вулканъ на европейскомъ континентѣ, и наиболѣе изученный изъ всѣхъ вулкановъ на земномъ шарѣ, расположенъ на берегу живописнаго Неаполитанскаго залива, въ разстояніи около 9 верстъ отъ Неаполя. Вулканъ состоитъ изъ конуса собственно Везувія и окружающаго его съ С. и В. въ видѣ полукольца остатка доисторическаго кратера Монте Соммы; основаніемъ обоихъ

служитъ довольно пологій конусъ, возвышающійся почти на 2 т. фут. надъ уровнемъ моря, вершина же Везувія достигаетъ высоты вдвое большей. Первое изверженіе Везувія въ историческое время случилось въ 79 г. по Р. Х. и слѣдствіемъ его была, между прочимъ, гибель Геркуланума, Помпеи и Стабіи, погребенныхъ совершенно подъ изверженнымъ пепломъ и потоками жидкой грязи. Послѣ этой грозной катастрофы Везувій время отъ времени проявлялъ свою дѣятельность до XII стол., а затѣмъ въ теченіе почти пяти послѣдующихъ столѣтій какъ бы потухъ, и его кратеръ успѣлъ покрыться даже роскошною растительностью. Дѣятельность его возобновилась сильнѣйшимъ изверженіемъ въ 1631 г., и послѣдующія, особенно сильныя, изверженія происходили въ 1794, 1822 и 1872 гг. Съ 1875 г. Везувій вступаетъ въ стадію почти непрерывной, но слабо выраженной дѣятельности, проявляющейся въ выдѣленіи пара, выбрасываніи иногда камней, пепла и лавы, но все это въ самомъ незначительномъ количествѣ, не переходящемъ за предѣлы кратера. Только въ 1891 г. лава вылилась въ такомъ же большомъ количествѣ, какъ и въ 1872 г.

Флегрейскія поля расположены къ западу отъ Неаполя, вокругъ залива Поццуоли. Здѣсь обнаруживаются остатки древнѣйшей вулканической дѣятельности въ массѣ преимущественно рыхлыхъ продуктовъ и туфовъ и въ потухшихъ кратерахъ, то заполненныхъ уже водою, какъ Авернское озеро, то имѣющихъ еще отверстія, изъ которыхъ вырываются газы и пары, какъ въ знаменитой Сольфатарѣ. Изъ изверженій въ этой мѣстности въ историческое время извѣстно лишь изверженіе въ 1538 году, образовавшее въ нѣсколько дней гору Монте Нуово (чер. 85), до 500 ф. высотою, состоящую изъ вулканическаго пепла и шлаковъ, со слабыми лишь слѣдами лавы.

Липарскіе острова лежатъ по пути отъ Неаполя къ Сициліи и представляютъ собою группу острововъ, изъ которыхъ наиболѣе замѣчателенъ Стромболи (выс. до 13 т. ф.), благодаря непрерывной своей вулканической дѣятельности. Сильныя

изверженія въ немъ неизвѣстны, и вся дѣятельность ограничивается періодическими взбросами паровъ, кусочковъ лавы и шлаковъ, падающихъ обратно въ кратеръ. Дѣятельность вулкана столь правильна, что небольшія измѣненія въ давленіи атмосферы уже отражаются на этой дѣятельности; при увеличеніи давленія дѣятельность вулкана понижается, а при пониженіи давленія взрывы учащаются. Въ Липарской группѣ случаются и подводныя изверженія; однимъ изъ такихъ извержений образовался островъ Волканелло, соединившійся уже впослѣдствіи съ другимъ островомъ Волкано.

Вулканъ Этна, на островѣ Сициліи, съ относительною высотою 9600 ф., дѣйствуетъ, подобно Везувію, съ незапамятныхъ временъ, и замѣчателенъ тѣмъ, что почти при каждомъ большомъ изверженіи образуетъ трещины, на которыхъ располагаются такъ называемые паразитные конусы, достигающіе иногда большой высоты.

Островъ Пантеллярія, расположенный къ югу отъ Сициліи, имѣетъ нѣсколько небольшихъ кратеровъ, изъ которыхъ нѣкоторые дѣйствуютъ какъ сольфатары. Между Пантеллярією и Сициліею лежитъ область замѣчательная подводными изверженіями.

Въ другихъ мѣстахъ Средиземноморской области кромѣ вышеупомянутыхъ, мы находимъ лишь потухшіе вулканы. Такъ, на прибрежьи Испаніи цѣлый рядъ потухшихъ вулкановъ, кратеры которыхъ мѣстами хорошо сохранились; подобная же потухшая область находится въ южной и средней Франціи, гдѣ особенно заслуживаютъ вниманія вулканы Оверни, во главѣ съ Пюи де Домомъ.

Слѣдуя далѣе за мѣстами дѣйствія вулканической силы, мы выходимъ въ Атлантическій океанъ. Здѣсь вулканы исключительно островные, если не считать вулкановъ прибрежья Гвинейскаго залива, принадлежащихъ къ потухшей области. Дѣйствующіе вулканы находятся на Малыхъ Антильскихъ островахъ, на островахъ Зеленаго мыса, Канарскихъ и Азорскихъ островахъ.

Малые Антильскіе острова обнаруживали вулканическую дѣятельность еще въ теченіе послѣднихъ столѣтій, а на островахъ Зеленаго мыса островъ Фого имѣетъ дѣйствующій вулканъ.

Въ Канарскихъ островахъ изверженія въ историческое время происходили на Тенерифѣ, Пальмѣ и Ланцаротѣ.

Но самая замѣчательная вулканическая область Атлантическаго океана — Исландія. Здѣсь мы встрѣчаемъ самыя разнообразныя формы вулканической дѣятельности, какъ древней, такъ и новѣйшей: слоистые конусы, массивные вулканы, лавовые потоки и покровы съ фумаролами, шлаковые валы, сольфатары, ключи, извергающіе горячую грязь, кратеры, наполненные постоянно кипящею глиноподобною массою съ вырывающимися изъ нихъ огромными столбами паровъ и т. п. Наиболѣе извѣстныя и наиболѣе частыя изверженія производитъ вулканъ Гекла, представляющій туфовый валъ до 18 в. длиною, съ многочисленными кратерами.

Островъ Янъ Майенъ, расположенный сѣвернѣе Исландіи, имѣетъ лишь потухшій вулканъ, Ягодную гору.

Острова южной части Атлантическаго океана — Св. Елены, Вознесенія, Павла — принадлежатъ къ потухшимъ вулканическимъ областямъ. Въ этихъ мѣстахъ, равно какъ и въ сѣверной части океана, въ группѣ Азорскихъ острововъ и въ мѣстности ближайшей къ Гренландіи и Исландіи, извѣстны также подводныя изверженія въ послѣднемъ столѣтіи.

Чтобы покончить съ географическимъ обзоромъ вулкановъ, остается указать еще на Манджурскую область, гдѣ къ юго-востоку отъ Мергена, на р. Нони, притокѣ р. Сунгари, изверженія происходили еще въ XVIII столѣтіи. Этимъ и исчерпывается вся вулканическая дѣятельность земного шара, если принять во вниманіе лишь промежутокъ времени съ третичнаго періода до нашихъ дней.

Какъ видимъ, главными центрами этой дѣятельности служатъ острова и окраины материковъ, или окраины приморскихъ

горныхъ кряжей. Принимая согласно Неймайеру всего 354 дѣйствующихъ вулкана, мы имѣемъ 65% островныхъ и около 30% вулкановъ, расположенныхъ на Тихоокеанскомъ побережьи. Исключительное преобладаніе островныхъ вулкановъ и прибережныхъ указываетъ на связь вулканической дѣятельности съ морскими бассейнами, и одно время даже считали близость морскихъ бассейновъ ближайшею причиною вулканическихъ явленій. Однако нѣкоторые изъ вулкановъ причисляемыхъ къ прибрежнымъ, удалены отъ моря на 200—300 верстъ, какъ это мы видѣли въ американскихъ вулканахъ; также далеко отъ береговъ находятся и часть вулкановъ восточной Африки и Манджурская вулканическая область, а съ другой стороны многія прибрежныя пространства Атлантическаго и Индійскаго океановъ, равно какъ и все арктическое побережье, вовсе лишены вулкановъ. Слѣдовательно, близость моря не есть непремѣнное условіе для проявленія вулканической дѣятельности.

Вулканы показываютъ мѣста открытаго сообщенія съ внутренностью земли, а потому и распредѣленіе ихъ прежде всего должно быть связано съ линіями глубочайшихъ разломовъ земной коры. Морскіе же бассейны принадлежатъ какъ увидимъ ниже, къ наиболѣе значительнымъ областямъ опусканія и границы ихъ, являясь мѣстами крупныхъ дислокацій въ земной корѣ, представляютъ наиболѣе благопріятныя условія образованія разломовъ и глубокихъ трещинъ въ корѣ, почему на этихъ границахъ, главнымъ образомъ, и должна наблюдаться дѣятельность вулкановъ. Тамъ, гдѣ разломы проходятъ вдали отъ окраинъ материка, какъ, напримѣръ, на Андахъ или въ восточной Африкѣ, тамъ и вулканы лежатъ далеко отъ моря.

Также въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ море прилегаетъ къ обширной материковой низменности, составляя какъ бы подводное продолженіе послѣдней, какъ это имѣетъ мѣсто на арктическомъ прибрежьи, земная кора не обнаруживаетъ разломовъ и здѣсь нѣтъ вулкановъ.

Отсюда слѣдуетъ, что связь вулкановъ съ морями выражается въ томъ, что тѣ и другія пріурочиваются одинаково къ линіямъ разлома земной коры. Но и близость моря несомнѣнно имѣетъ значеніе для дѣятельности вулкана. Характеръ дѣятельности вулкана зависитъ въ значительной степени отъ количества паровъ въ магмѣ; при маломъ ихъ количествѣ изверженіе не достигаетъ до поверхности или же выражается лишь спокойнымъ изливаніемъ лавы. Вулканы же, расположенные близко къ морю или на морѣ, находятся въ болѣе благопріятныхъ условіяхъ для накопленія паровъ въ магмѣ, чѣмъ вулканы отстоящіе далеко отъ моря, почему и дѣятельность первыхъ сравнительно съ послѣдними должна выражаться въ болѣе рѣзкой формѣ.

Такимъ образомъ, распредѣленіе вулканическихъ областей связано вообще съ двумя факторами: 1) дислокаціями въ земной корѣ, сопровождаемыми разломами и глубокими трещинами и 2) близостью морского прибрежья, т. е. распредѣленіемъ материковъ и водъ.

Причины вулканическихъ явленій и вліяніе ихъ на рельефъ земной поверхности. Связь вулкановъ съ дислокаціями въ земной корѣ указываетъ, что послѣдняя можетъ быть принята какъ одна изъ вѣроятныхъ причинъ проявленія вулканической дѣятельности. Исходя изъ гипотезы о послѣдовательномъ охлажденіи всѣхъ тѣлъ солнечной системы, въ томъ числѣ и земного шара, надо допустить, что въ какомъ бы состояніи ни былъ магматическій поясъ ядра земли — въ газообразномъ, жидкомъ или твердомъ, ядро земли сжимается, вслѣдствіе продолжающагося охлажденія, и твердая наружная кора, приспособляясь къ уменьшающемуся объему ядра, обнаруживаетъ различнаго рода движенія, о которыхъ мы скажемъ ниже, и ломается, при чемъ отдѣльныя ея части перемѣщаются по линіи ея разломовъ или трещинъ. Всякое же перемѣщеніе наружной коры нарушаетъ равновѣсіе давленія ея на магматическій поясъ. Если принять послѣдній даже твердымъ, то

несомнѣнно, благодаря высокой температурѣ, онъ находится въ перегрѣтомъ состояніи и потому тамъ, гдѣ давленіе уменьшится, перегрѣтая магма переходитъ въ расплавленное состояніе; такъ какъ объемъ ея при этомъ увеличивается, то она и поднимается по трещинѣ вверхъ, въ направленіи линіи наименьшаго сопротивленія. Въ то же время газы и особенно пары, поглощенные въ магмѣ, освобождаются и, вырываясь съ большею или меньшею силою кверху, распыливаютъ магму и производятъ, предварительно изліянія лавы, пепельное изверженіе. При быстромъ парообразованіи можетъ произойти сильный взрывъ съ разрушеніемъ самой горы, какъ при изверженіи Бандайсана 1888 г. Подобные же взрывы могутъ происходить также и вслѣдствіе доступа воды въ вулканическій очагъ сверху; при этомъ частицы воды приходятъ какъ бы въ сфероидальное состояніе и съ пониженіемъ температуры образуются сразу пары огромной упругости, какъ это было вѣроятно при разрушеніи конуса Раката 1883 г. (Кракатао). Если же количество паровъ ничтожно, то магма выливается спокойно, какъ въ вулканѣ Килауэа (Гаваи).

Такимъ образомъ первоначальною причиною вулканическаго изверженія является дислокація породъ, а проявленіе изверженія на поверхности земли обусловливается количествомъ паровъ, т. е. вліяніемъ водъ. Эти основныя положенія признаются почти всѣми геологами, но они недостаточны однако для объясненія всѣхъ частностей явленія вулканизма. Горныя цѣпи представляютъ собою мѣста болѣе или менѣе значительныхъ дислокацій, между тѣмъ не вездѣ на нихъ встрѣчаемъ вулканическую дѣятельность. Съ другой стороны, въ существующихъ уже вулканическихъ областяхъ трещины въ земной корѣ можно допустить и независимо отъ дислокаціонныхъ процессовъ, но лишь подъ дѣйствіемъ газовъ и паровъ, пробивающихся среди породъ, по линіи наименьшаго сопротивленія; строеніе же лакколитовъ показываетъ, что и магма въ состояніи прорѣзывать породы и приподымать ихъ,

и въ этомъ случаѣ причина, какъ полагаютъ, заключается въ запасѣ живой силы, сообщаемой магмѣ огромнымъ давленіемъ на нее наружной коры. Быть можетъ этой живой силѣ слѣдуетъ приписать и способность магмы подыматься иногда до поверхности земли, даже при маломъ запасѣ паровъ, какъ въ кратерѣ Килауэа. Остается невыясненнымъ также вопросъ, въ какой связи находятся между собою очаги отдѣльныхъ вулкановъ. Нѣкоторые весьма отдаленные другъ отъ друга вулканы, какъ, напримѣръ, въ Андахъ и на Явѣ, выбрасываютъ лавы одного и того же состава и этимъ какъ бы свидѣтельствуютъ о связи между этими вулканами. Также попеременное дѣйствіе, то одного, то другого вулкана, изъ двухъ сосѣднихъ (напримѣръ, Ключевская сопка и Шевелючъ въ Камчаткѣ), какъ бы указываетъ на взаимную связь между ихъ очагами. Съ другой стороны, иногда сосѣдніе вулканы извергаютъ въ одно и то-же время лавы различнаго рода, или же, какъ, напримѣръ, Лоа и Килауэа во всей своей дѣятельности не обнаруживаютъ связи, хотя принадлежатъ къ одной области. Это обстоятельство принимается какъ доказательство гипотезы существованія обособленныхъ очаговъ лавы въ самой земной корѣ, гипотезы, которая была предложена Гопкинсомъ для объясненія изверженій при отвердѣвшемъ ядрѣ земли и которая поддерживается теперь Гюнтеромъ, сторонникомъ идеи Цепприца о газообразномъ состояніи ядра. Однако, одно различіе лавъ не достаточно для принятія указанной гипотезы, такъ какъ и одинъ и тотъ же вулканъ въ различное время даетъ разнородныя лавы; такъ, напримѣръ, Везувій выбрасывалъ ранѣе трахитовыя лавы, а въ позднѣйшее время — базальтовыя. Предполагаютъ, что тутъ мы имѣемъ дѣло съ различною глубиною изверженій и, быть можетъ, съ вліяніемъ разнородныхъ породъ, прорѣзываемыхъ лавами при изверженіяхъ.

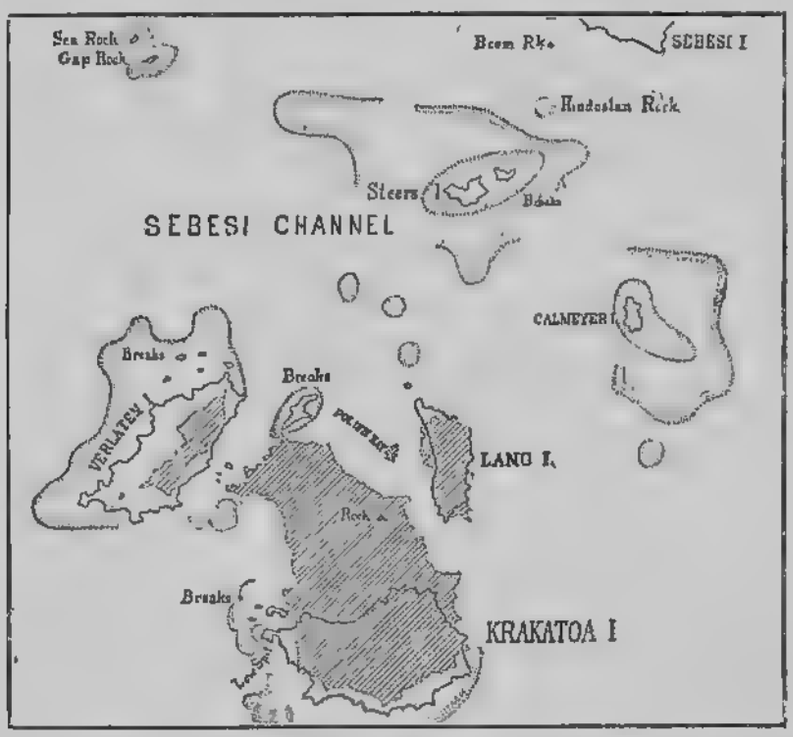
Въ заключеніе обзора вулканическихъ явленій необходимо указать, что хотя огромное значеніе водяныхъ паровъ въ про-

цессѣ изверженій признается всѣми, но вопросъ объ источникѣ этихъ паровъ далеко не выясненъ. Одни считаютъ, что пары образуются изъ водъ, просачивающихся съ моря, и этимъ объясняютъ связь вулкановъ съ морями, другіе же полагаютъ, что, съ образованіемъ наружной коры, въ магмѣ остался поглощеннымъ огромный запасъ паровъ и газовъ. Если бы послѣднее предположеніе было вѣрно, то въ лавѣ мы бы должны были находить всѣ извѣстные намъ газы, а не только тѣ, которые являются, какъ продукты разложенія морской воды. Что же касается прониканія воды съ поверхности, то, вслѣдствіе высокой температуры, уже на глубинѣ меньшей, чѣмъ глубина залеганія магмы, вода должна бы превращаться въ паръ; допустить же на бо́льшихъ глубинахъ диффузію пара едва ли совмѣстимо съ гипотезою о затвердѣвшемъ состояніи магматическаго пояса.

Тутковскій даетъ слѣдующее объясненіе обилію паровъ въ дѣйствующихъ вулканахъ. По его расчету, поясъ критической температуры для воды (365° Ц.) залегаетъ подъ континентами на глубинѣ около 11 верстъ, а подъ океанами — 15 в. слишкомъ, поэтому, подъокеаническая кора, въ ближайшемъ сосѣдствѣ съ магмою, имѣетъ на столько болѣе воды сравнительно съ подъконтинентальною корою, на сколько ея можетъ содержаться въ 4 верстахъ толщи коры, допуская умѣренную влажность послѣдней. Этотъ излишекъ воды въ подъокеанической корѣ, по исчисленіямъ Тутковскаго, совершенно достаточенъ, чтобы значительно обогатить парами магму, подымающуюся вслѣдствіе дислокаціи по трещинѣ вверхъ, и силою этого пара не только довести магму до поверхности, но и вызвать на пути распыленіе ея и взбросы рыхлыхъ продуктовъ, т. е. произвести типическое изверженіе, наблюдаемое въ слоистыхъ вулканахъ. Подъ континентами же магма, будучи бѣднѣе парами, проникаетъ только внутрь коры, образуя тамъ лакколиты, или, если и достигаетъ поверхности земли, то изливается спокойно, образуя массивные вулканы въ той или иной формѣ. Такимъ образомъ, по гипотезѣ Тутковскаго, вулканическое изверженіе является

результатомъ взаимодѣйствія расплавленной магмы и влаги, доставляемой съ поверхности земли [17]).

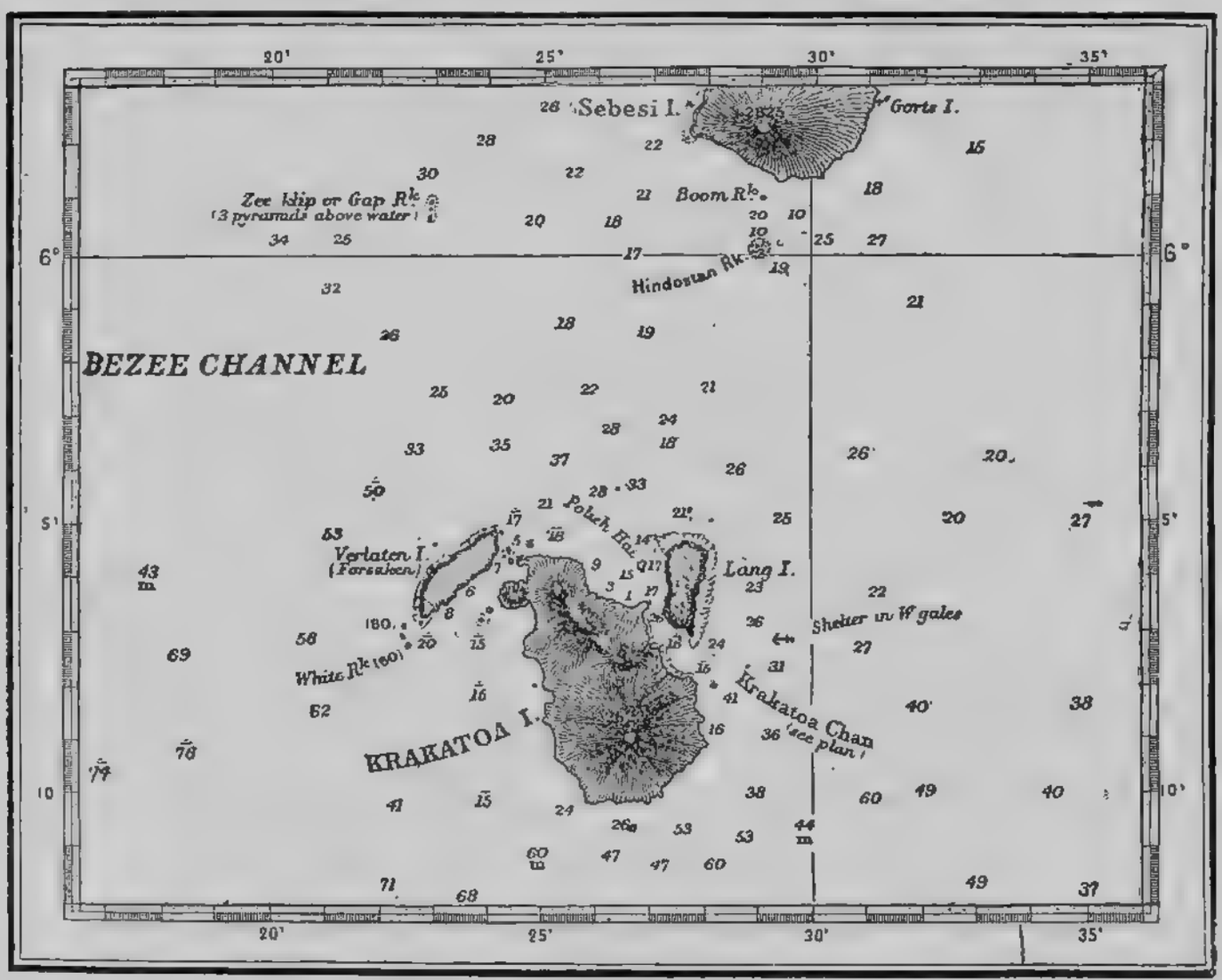
Теперь спрашивается, какое вліяніе вулканы имѣютъ на форму и рельефъ земной поверхности? Еще въ первой половинѣ XIX столѣтія полагали, что при вулканическихъ изверженіяхъ происходитъ не только выносъ продуктовъ изъ нѣдръ земли и накопленіе ихъ на поверхности, но думали, что происходитъ и нарушеніе въ залеганіи основныхъ породъ, или, другими



Чер. 90. Острова до изверженія 1883 г. обозначены заштрихованною частью, а послѣ изверженія обведены сплошною линіею.

словами, что вулканы составляютъ причину дислокаціи земной коры, то есть перемѣщенія пластовъ ея. Теорія эта, установленная геологомъ Бухомъ и Гумбольтомъ и называемая теоріей поднятія, полагала, что лава, подымаясь кверху, давленіемъ своимъ снизу приподымаетъ твердую кору и производитъ тѣмъ большіе или меньшіе наклоны пластовъ. На поднятой корѣ могъ уже произойти разрывъ и образоваться кратеръ изверженія и вулканическій конусъ изъ продуктовъ изверженія. Лакколиты какъ бы говорятъ въ пользу поднятія почвы даже безъ

изверженія на поверхности. Однако изслѣдованія состава кратеровъ вулкановъ показали, что они исключительно состоятъ изъ однихъ вулканическихъ породъ и что, вокругъ каждаго вулкана, основныя породы, если и обнаруживаютъ слѣды пере-

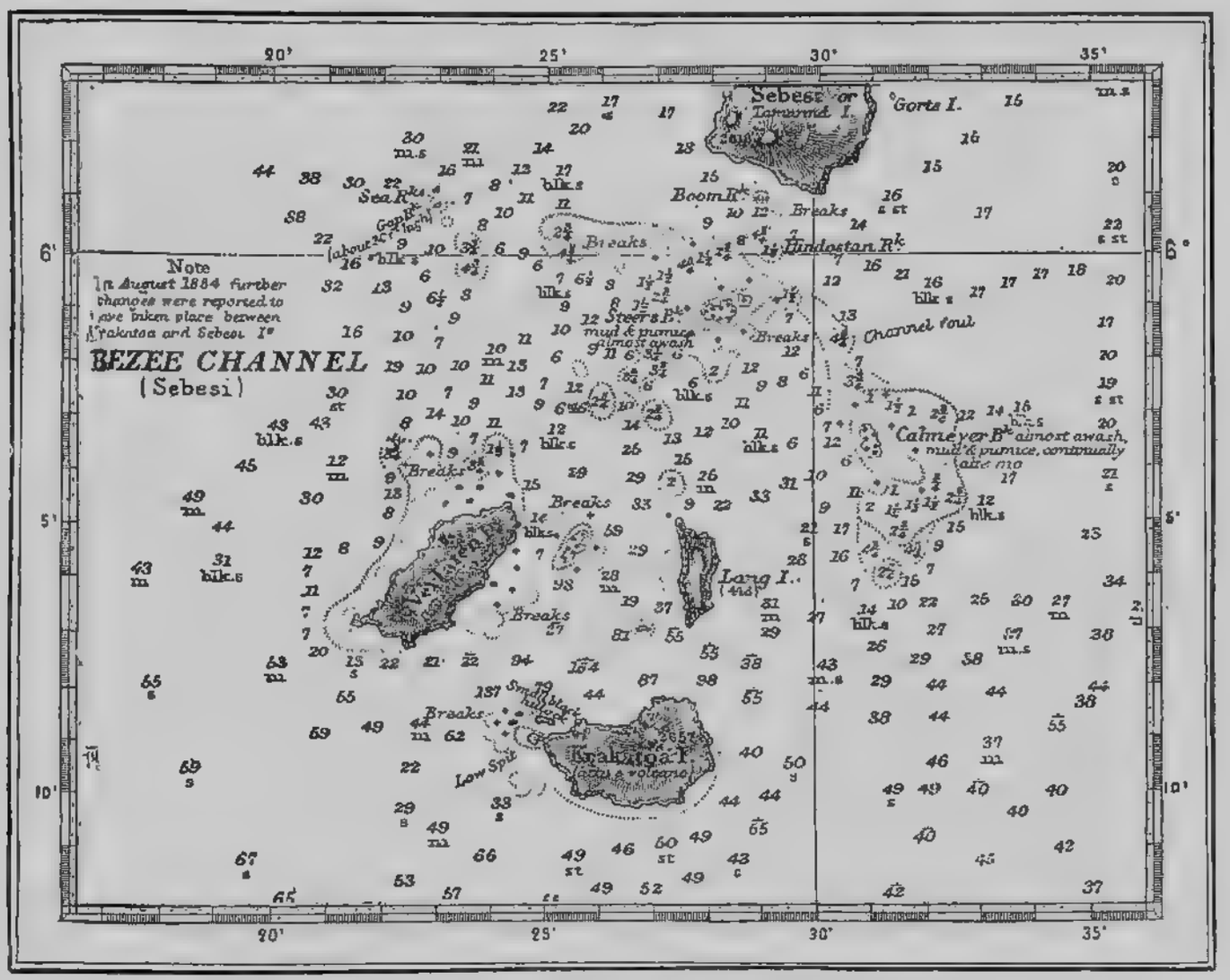


Чер. 91. *a*. Группа Кракатоа до изверженія 1883 г.

мѣщенія, то чаще въ смыслѣ опусканія породъ, нежели въ смыслѣ поднятія. Такимъ образомъ теорія поднятія не можетъ быть принята, хотя и нельзя не указать, что нѣкоторыя изверженія сопровождаются поднятіями, но эти поднятія все же происходятъ въ весьма ограниченныхъ размѣрахъ. Вулканиче-

скія же горы образуются главнымъ образомъ путемъ накопленія вблизи кратера продуктовъ изверженія.

Количество падающихъ на землю вулканическихъ продуктовъ вблизи кратера достигаетъ иногда и при одномъ изверже-



Чер. 91. Ъ. Группа Кракатоа послѣ изверженія 1883 г.

ніи огромныхъ размѣровъ, но все-же одно изверженіе рѣдко можетъ образовать конусъ значительной высоты; полагаютъ, что отъ одного изверженія можетъ произойти гора не свыше 1000 футъ; напримѣръ, гора Монтенуово (около Неаполя), образовавшаяся отъ одного изверженія 1537 г., имѣетъ вы-

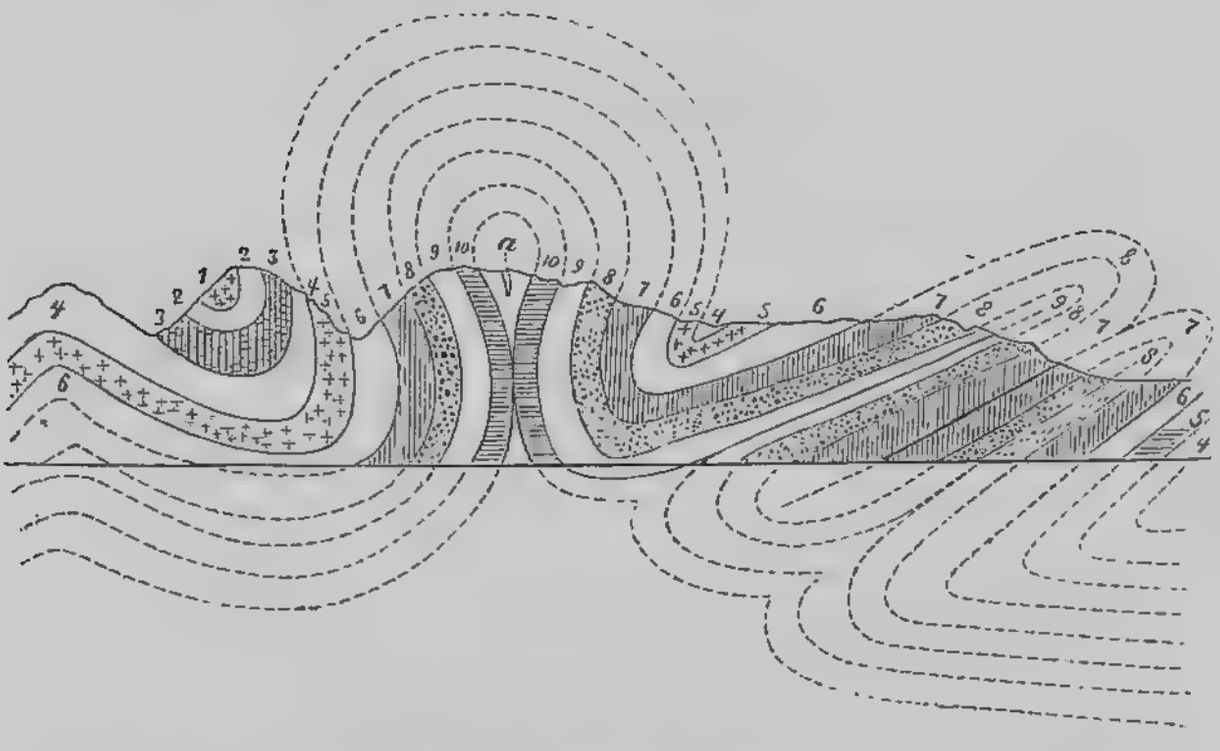
соту не болѣе 500 футъ. Значительной высоты достигаютъ только вулканы старые, давно-дѣйствующіе; каждое изверженіе даетъ новый матеріалъ для образованія конуса; особенно, если изверженіе происходитъ изъ одного всегда центра и преимущественно состоитъ изъ рыхлыхъ продуктовъ, то высота конуса постепенно увеличивается.

Вулканическія накопленія приводятъ не только къ образованіямъ конусообразныхъ горъ, но и къ возникновенію горныхъ хребтовъ или плато, какъ объ этомъ сказано на стр. 145, но типы изверженія, подобные Бандайсанскому 1888 г., не даютъ вовсе новообразованій на поверхности земли, а производятъ лишь кратерные провалы, и только тогда способствуютъ повышенію окрестной почвы, если одновременно выбрасываются изъ кратера и рыхлые продукты, какъ это было при извержении Кракатао въ 1883 г. Тогда, несмотря на огромную массу изверженныхъ продуктовъ, все же поверхность острова не только не увеличилась, но даже уменьшилась; очевидно произошло опусканіе небольшого участка земли. Измѣренія показали, что до изверженія островъ имѣлъ 29 квадратныхъ верстъ, а послѣ изверженія только 13 квадратныхъ верстъ, да изъ нихъ еще около 4 составляетъ результатъ накопленія продуктовъ (чер. 90). Измѣренія-же глубины выяснили, что къ востоку отъ Кракатао образовался сдвигъ около 30 квадратныхъ верстъ. Всѣ измѣненія въ рельефѣ дна вокругъ Кракатоа, произведенныя изверженіемъ 1883 г., можно видѣть при сопоставленіи картъ глубинъ до и послѣ изверженія (чер. 91, *a* и *b*).

Такимъ образомъ вулканическія изверженія вліяютъ на формы рельефа земной поверхности не только путемъ накопленія продуктовъ въ видѣ конусовъ, гребневыхъ горъ, плато, но и путемъ опусканія или поднятія породъ, но подобныя перемѣщенія породъ при вулканическихъ изверженіяхъ имѣютъ мѣстный характеръ и ими нельзя объяснить образованіе цѣлыхъ горныхъ системъ и плоскогорій.

Горообразованіе.

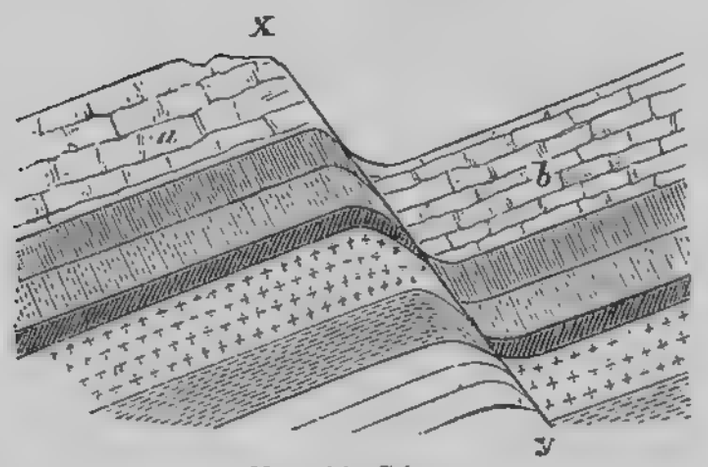
Среди явленій, происходящихъ подъ вліяніемъ внутреннихъ силъ земли, наиболѣе важное и общее значеніе для строенія земной коры и ея рельефа имѣетъ горообразованіе, понимая подъ этимъ именемъ всѣ тѣ массовыя движенія земной коры, которыми выдвинуты континенты и углублены океанскія кот-



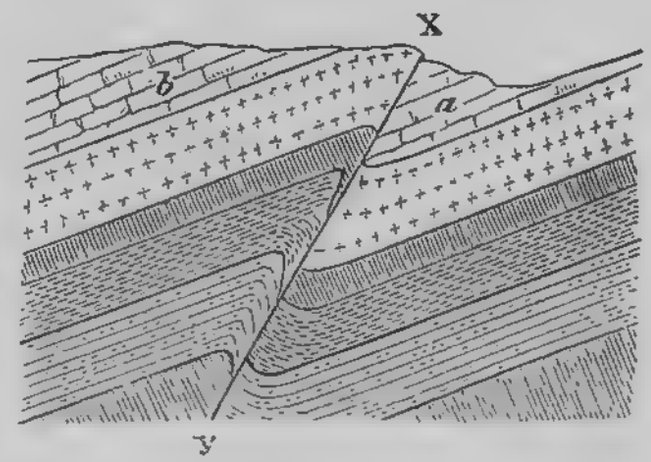
Чер. 92. Схематическій профиль складокъ: самая лѣвая — прямая антиклинальная складка, *a* — прямая вѣерообразная, *b* — лежачая складка.

ловины, и созданы горныя страны съ ихъ высочайшими хребтами, плоскими возвышенностями, и долинами; вулканическія силы, которымъ когда-то придавали всеобщее горообразовательное значеніе такіе авторитеты, какъ Бухъ и Гумбольдтъ, сводятся въ настоящее время на подчиненную роль, и разсматриваются лишь какъ частныя и мѣстныя проявленія горообразующихъ процессовъ.

Формы дислокаціи и ея причины. Совокупность нарушеній въ залеганіи горныхъ породъ, такъ называемая дислокація, проявляется въ нѣсколькихъ типичныхъ формахъ, изъ которыхъ главнѣшія складки и сбросы. Складкою называютъ волнообразный или вѣерообразный изгибъ пластовъ, съ прямыми (стоячими) или косыми (лежачими) склонами, называемыми крыльями, съ выпуклостью кверху (сѣдло, антиклинальная складка) или вогнутостью книзу (мульда, синклинальная складка). Выступающія части складки оказываются иногда



Чер. 93. Сбросъ.



Взбросъ.

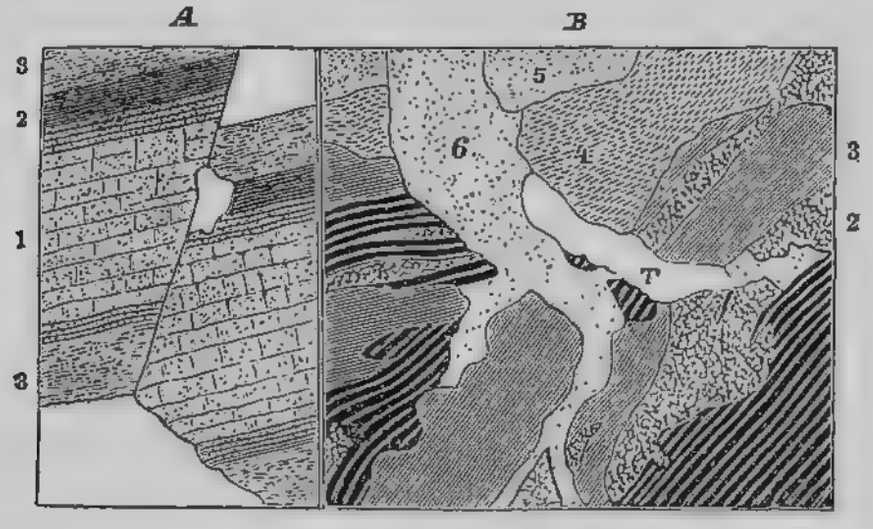
снесенными и тогда только мысленно можно возстановить ихъ, по чередованію и изгибамъ залегающихъ породъ (чер. 92).

При движеніи земной коры могутъ образоваться разломы и трещины, по которымъ отломленныя массы перемѣщаются, въ отношеніи другъ друга, въ болѣе или менѣе вертикальномъ направленіи, или же въ косомъ, горизонтальномъ. Вертикальное движеніе массъ называютъ сбросомъ, если же происходитъ надвиганіе вверхъ сброшенной части — взбросомъ (чер. 93). Послѣдній можетъ иногда произойти при сильномъ сжиманіи складокъ, и такой сбросъ называютъ складчатымъ сбросомъ.

Перемѣщеніе отломленныхъ массъ въ горизонтальномъ направленіи, относительно соприкасающихся съ ними, называютъ сдвигомъ (чер. 94).

Сбросы свойственны преимущественно плоскогорьямъ или ровнымъ низменностямъ, а взбросы и сдвиги — складчатымъ областямъ.

Нерѣдко наблюдается рядъ почти параллельныхъ сбросовъ въ одномъ направленіи, которыми образуются какъ бы ступени лѣстницы или террасы, съ отлогими или котлообразными переходами. Сбросъ можетъ произойти также со всѣхъ сторонъ, и тогда часть массива оказывается выше сосѣднихъ, образуя такъ называемый сбросовый выступъ, или же обломавшійся



Чер. 94. Сдвиги, окружающіе озера Кросъ (A) и Тунеръ (B) въ Альпахъ. Цифры обозначаютъ слои различныхъ геологическихъ возрастовъ — отъ тріаса до диллювія.

участокъ опускается глубже окрестныхъ частей, и тогда получается, въ зависимости отъ очертаній и размѣровъ участка — сбросовая впадина, бассейнъ или область опусканія.

Сбросы происходятъ иногда безъ видимаго разрыва породъ; такая форма дислокаціи, представляющая постепенную изогнутость пластовъ, присущую складкамъ, называется флексурою или моноклинальною складкою. Флексуры могутъ быть и при сдвигахъ (чер. 95).

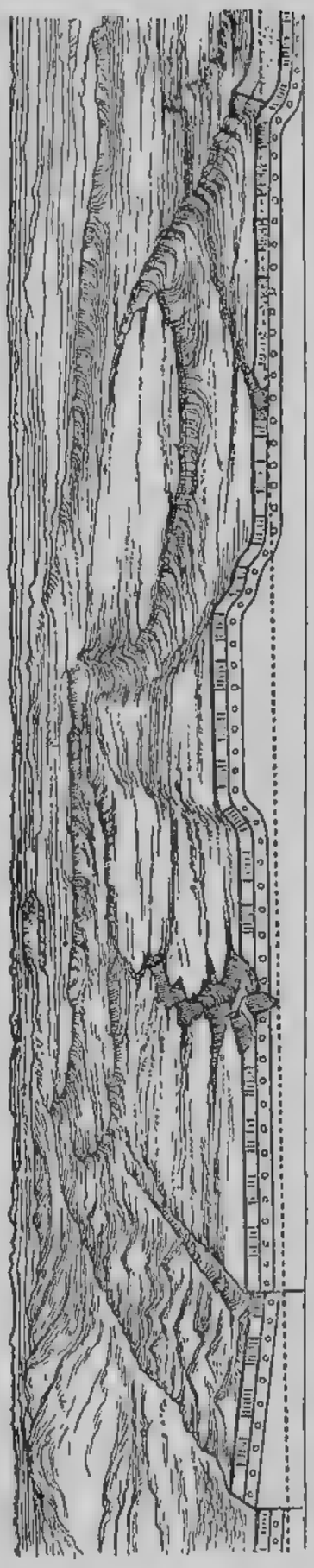
Изъ перечисленныхъ главныхъ формъ дислокаціи наиболѣе любопытными являются изгибы пластовъ безъ разрыва цѣлости породъ. При геологическихъ изслѣдованіяхъ нерѣдко

встрѣчаютъ, между прочимъ, мощныя массы осадочныхъ и кристаллическихъ породъ, вклинивающихся другъ въ друга и изогнутыхъ такъ, какъ будто онѣ были въ тѣстообразномъ состояніи. Находимыя въ пластахъ окаменѣлости, напримѣръ, белемниты, часто разорваны и вытянуты, а цѣлость пластовъ не нарушена. Такія явленія возможны лишь при извѣстной пластичности породъ. Опыты показываютъ, что, подъ вліяніемъ давленія, свинецъ, желѣзо и т. п. и даже песокъ принимаетъ пластинчатое, сланцеватое сложеніе; мраморъ подъ высокимъ давленіемъ обнаруживаетъ всѣ свойства пластической массы. Такіе опыты и точныя наблюденія надъ породами, подвергшимися дислокаціи безъ видимаго разрыва ихъ цѣлости, приводятъ къ заключенію, что это явленіе есть слѣдствіе давленія, подъ которымъ находились породы и которое вело къ нарушенію ихъ залеганія. Твердыя массы, въ зависимости отъ хрупкости своихъ составныхъ частей, сплющиваются или раздробляются отъ давленія, но при достаточно продолжительномъ равномѣрномъ давленіи происходитъ скольженіе и перегруппировка мельчайшихъ частицъ и новое спаиванье, что можетъ повести также къ измѣненію структуры и отчасти состава породъ, явленію, извѣстному подъ именемъ динамометаморфизма. Въ тоже время гидрохимическія явленія могутъ сопровождать и усложнять указанные механическіе процессы, способствуя переходу, напримѣръ. массивныхъ породъ въ сланцеватыя, кристаллическія сланцы и т. п. Такимъ образомъ, путемъ розлома и послѣдующаго крѣпкаго сцѣпленія подъ давленіемъ, и сочетанія съ химическими процессами, могутъ получаться самыя разнообразныя деформаціи породъ и способность ихъ къ интенсивной складчатости.

Переходя къ причинамъ дислокаціи мы должны прежде всего указать, что сбросы являются несомнѣнно результатомъ дѣйствія вертикальной силы книзу, а сдвиги—горизонтальной; складки могутъ быть произведены какъ вертикальною силою, дѣйствующей кверху, такъ и горизонтальною силою. Вертикаль-

ная сила, дѣйствующая книзу, легко объясняется силою тяжести, но о происхожденіи той же силы, направленной кверху, равно какъ и горизонтальной силы, о существованіи которыхъ мы заключаемъ по дислокаціи, приходится дѣлать разныя предположенія. Мы остановимся здѣсь на наиболѣе распространенной теоріи сжатія, въ основаніе которой положено уменьшеніе ядра земли.

Вслѣдствіе высокой температуры ядра, теплота его излучается къ наружной корѣ и черезъ ея посредство въ небесное пространство. Убыль тепла въ ядрѣ происходитъ также отчасти при посредствѣ вулканическихъ изверженій и горячихъ ключей. Слѣдствіемъ охлажденія ядра и отчасти извлеченія внутреннихъ массъ на поверхность, при вулканическихъ изверженіяхъ, должно происходить сокращеніе объема ядра. Такъ какъ сама кора служитъ только проводникомъ внутренней теплоты и не измѣняетъ своего теплового состоянія, то она, приспо-



Чер. 95. Разрѣзъ черезъ плоскогорье Колорадо (Сѣв. Америка). Горизонтальный пластъ со сбросами (слѣва) и флексурами (справа).

соблясь къ уменьшающемуся ядру, должна подъ дѣйствіемъ тяжести опускаться. Вслѣдствіе однако сводообразной формы коры, стремленіе глыбъ ея книзу преобразовывается въ боковое давленіе, которое тѣмъ сильнѣе, чѣмъ тяжелѣе массы. При различной степени пластичности породъ, болѣе хрупкія глыбы уступаютъ, наконецъ, боковому давленію, ломаются съ одной или нѣсколькихъ сторонъ и опускаются внизъ, образуя сбросъ, другія же глыбы менѣе хрупкія, изгибаются и ложатся въ складки.

Геологъ Зюссъ считаетъ опусканіе первичнымъ явленіемъ, а образованіе складокъ — какъ слѣдствіе большихъ сосѣднихъ опусканій, такъ какъ опускающіяся глыбы, надавливая на около лежащія пласты, заставляютъ ихъ подниматься и ложиться въ складки; по его мнѣнію, такимъ образомъ, существуетъ только одинъ видъ поднятія путемъ образованія складокъ. Лаппаранъ принимаетъ складки за первоначальное слѣдствіе бокового давленія, а сдвигъ и опусканіе считаетъ второстепеннымъ явленіемъ.

Вѣроятнѣе всего, что оба явленія могутъ наступать одновременно.

При сбросѣ, опускающаяся часть, встрѣчая сопротивленіе съ боковъ, можетъ давать новые трещины и сбросы, или, при достаточной пластичности слоевъ они могутъ согнуться прежде въ складки и, если въ какой-либо изъ нихъ предѣлъ упругости будетъ затѣмъ превзойденъ и образуется разломъ, то вдоль него станетъ опускаться одна изъ частей, тогда какъ край приподнятаго крыла получитъ движеніе вверхъ и образуетъ крутой обрывъ. Подобными дислокаціями объясняютъ себѣ, напримѣръ, образованіе областей опусканія у внутренняго края горъ. Также и складки, образующіяся въ горизонтальныхъ пластахъ, при переходѣ за предѣлъ упругости пластовъ даютъ трещины и сбросы или сдвиги.

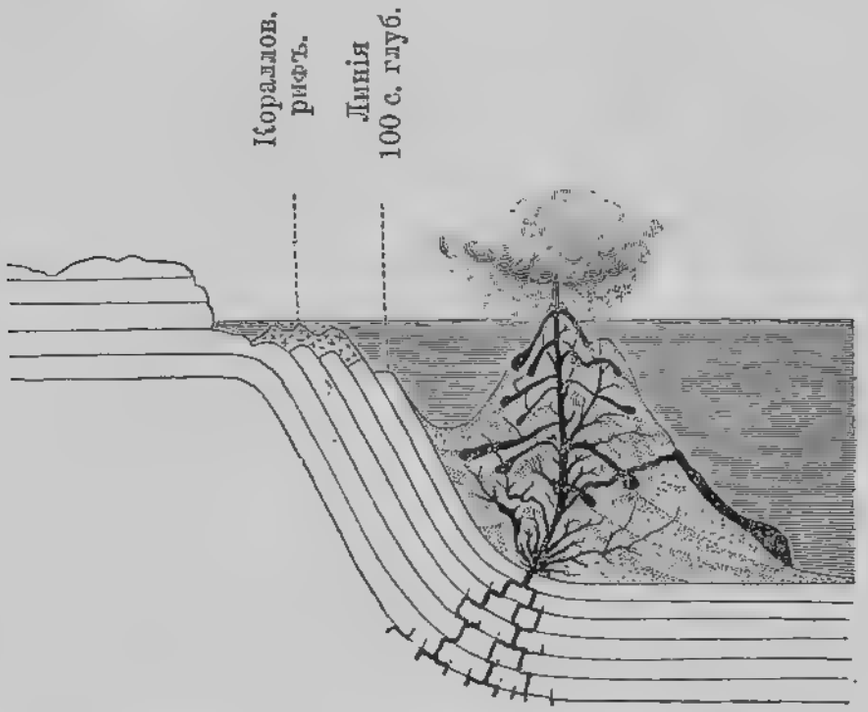
Въ мѣстахъ разломовъ появляются вулканическія изверженія, которыя вообще усиливаютъ рельефъ, но могутъ и

ослабить его; изверженныя же породы заполняютъ трещины, которыя при слѣдующей дислокаціи могутъ вновь раскрыться или, постоянно дѣйствующимъ боковымъ давленіемъ, совершенно замкнуться.

Теорія сжатія, особенно разработанная геологомъ Зюссомъ, считается въ настоящее время наиболѣе раціональною, но все же встрѣчаетъ затрудненія иногда въ частностяхъ, особенно при объясненіи складчатости и поднятій, почему нѣкоторыми геологами не исключается возможное участіе въ горообразованіи и другихъ факторовъ, какъ химическихъ (разложеніе породъ) и термическихъ процессовъ въ корѣ (расширеніе отъ нагрѣванія новообразовавшихся породъ въ областяхъ опусканія), такъ и вулканическихъ изверженій. Приведемъ здѣсь еще остроумное объясненіе происхожденія складчатыхъ горъ, данное Дёттономъ (Dutton). Исходя изъ положенія равновѣсія земной поверхности подъ вліяніемъ силы тяжести, Дёттонъ указываетъ, что для удовлетворенія этого равновѣсія болѣе легкія массы должны возвышаться, а болѣе тяжелыя опускаться, и потвержденіе этого онъ видитъ въ меньшей плотности массъ подъ горами, чѣмъ подъ океанами. Всякое измѣненіе въ распредѣленіи массъ нарушаетъ равновѣсіе. Такъ какъ материки, и особенно горы, подвержены разрушительному дѣйствію водъ и атмосферы, то массы ихъ уменьшаются, въ моряхъ же, куда сносится материковый матеріалъ, массы увеличиваются; это измѣненіе въ нагрузкѣ возбуждаетъ натяженіе въ корѣ и приводитъ ее въ движеніе— происходитъ поднятіе въ области сноса матеріала и опусканіе въ области накопленія его, причемъ является боковое давленіе въ сторону наименьшаго сопротивленія, т. е. къ материку, почему на краяхъ опусканія слои тѣснятся къ послѣднему и ложатся въ складки. Такимъ путемъ складчатыя горы легко образуются параллельно океанскому побережью среди мощныхъ отложеній, примѣръ чего видимъ въ горахъ западно-американскаго побережья. По этой гипотезѣ образованіе складокъ предполагается только въ мощныхъ пластахъ, между тѣмъ изслѣдованія склад-

чатыхъ областей показываютъ, что это не есть общее правило. Наконецъ, гипотезою Дёттона не выясняется вопросъ о первозданныхъ материкахъ.

Значеніе дислокаціи въ горообразованіи. Складки, сбросы и сдвиги, и комбинаціи ихъ, появлялись то отдѣльно, то группами, производили въ различныя эпохи жизни земли самыя крупныя и сложныя неровности на земной поверхности. Важнѣйшее слѣдствіе ихъ — образованіе океанскихъ бассейновъ и горныхъ кряжей.



Чер. 96. Схематическій профиль океанскаго берега по Вальтеру съ вулканомъ и коралловымъ рифомъ.

Океанскія котловины — это типичныя области опусканія. Линіи разлома и изгиба земной коры, по которымъ произошло отдѣленіе океановъ, принадлежатъ къ основнымъ направленіямъ рельефа коры, къ такъ называемымъ структурнымъ линіямъ. Эти линіи въ настоящее время, какъ полагаютъ, скрыты подъ водами. По изслѣдованіямъ Вальтера, границы основныхъ материковъ простирались до нынѣшней 100 сажен. изобаты океановъ, и подводная полоса между этою изобатою и берегами

современныхъ материковъ представляетъ гребень флексуры, которой нижній перегибъ изрѣзанъ многими трещинами, проникающими до вулканическихъ очаговъ (чер. 96). По Рейеру мелкія плоскія прибрежья состоятъ изъ ненарушенныхъ пластовъ, а обрывистыя, приглубыя, представляютъ сбросы. Согласно геологу Зюссу, трудами котораго обоснованы главнѣйшія положенія въ теоріи горообразованія, въ океанскихъ прибрежьяхъ слѣдуетъ различать два типа — складчатый и

Чер. 97. Восточная часть Средиземнаго моря въ началѣ пліоценовой эпохи.

сбросовый. Складчатый типъ соотвѣтствуетъ преимущественно прибрежью Тихаго океана, а сбросовый — берегамъ Атлантическаго океана [18]).

Раздѣленіе океановъ и материковъ произошло, какъ полагаетъ большинство геологовъ, въ главныхъ чертахъ уже въ первое время жизни земли, когда кора была еще тонкая и хрупкая, почему подъ вліяніемъ охлажденія легко ломалась; по линіямъ разлома болѣе тяжелыя части опускались, образуя области опусканія, въ которыя собирались всемірныя воды, обнаживши съ своей стороны болѣе возвышенныя части коры,

положившія основаніе материкамъ. Неравномѣрное охлажденіе затѣмъ коры подъ материками и океанами вызывало новые разломы на ихъ окраинѣ и новые сбросы. Въ тоже время по линіямъ разломовъ происходили вулканическія изверженія, что въ свою очередь измѣняло условія залеганія породъ. Цѣлымъ рядомъ подобныхъ нарушеній, въ связи съ осадочными новообразованіями, и обособились океаны и материки. Полагаютъ, что съ утолщеніемъ коры дислокація стала выражаться чаще складками, чѣмъ сбросами, но все же опусканіе глыбъ по линіямъ сбросовъ играетъ болѣе важную роль въ рельефѣ земной коры, чѣмъ складки и горизонтальные сдвиги.

Опусканіе сравнительно большихъ областей имѣло мѣсто и въ новѣйшія геологическія эпохи, и имъ созданы многія внутреннія моря. По изслѣдованіямъ Неймайера, еще въ пліоценовую эпоху (въ концѣ третичнаго періода) въ Средиземномъ морѣ имѣлось большое пространство суши (чер. 97); на востокѣ не существовало Эгейскаго моря, и море не омывало тогда южныхъ береговъ Крита и Малой Азіи, а также современныхъ побережій Африки, Палестины и Сиріи. Отложенія острова Крита, и крутизна его береговъ и острововъ Родоса и Коса, и другія данныя, показываютъ, что еще въ диллювіальную эпоху Критъ представлялъ часть обширнаго материка, и что въ теченіе ея, быть можетъ даже уже съ появленіемъ человѣка, произошли огромные сбросы по сѣти котлообразныхъ изломовъ и опусканіе бывшаго материка. Этими сбросами образовались впадины Эгейскаго моря. Подобные сбросы вѣроятны и въ области Адріатики и въ западной части Средиземнаго моря.

Затѣмъ сбросами образованы въ Зондскомъ архипелагѣ моря Сулу, Целебесъ и Банда, а въ Вестъ-Индіи — Караибское море. Неймаеръ предполагаетъ, что и моря Японское, Охотское и Берингово обязаны своимъ происхожденіемъ также сбросамъ.

Наконецъ, опусканіемъ длинной узкой полосы, между Сиріею и Замбези, по цѣлой сѣти почти меридіональныхъ разломовъ, съ боковыми развѣтвленіями, создана въ сравнительно

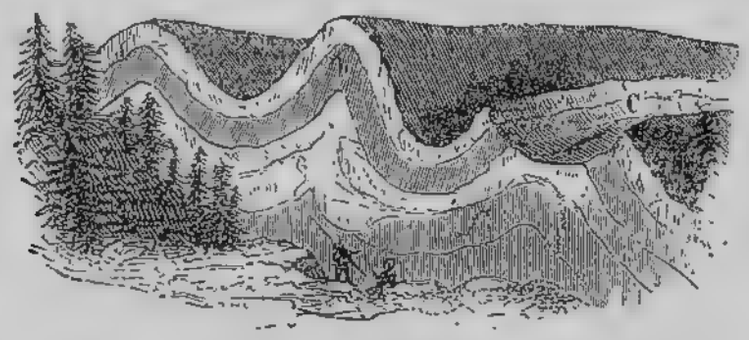
недавнее геологическое прошлое (въ концѣ третичнаго періода) такъ называемая большая восточно-африканская сбросовая впадина, въ которую вошли Мертвое море, долина Іордана, Красное море и т. д. (чер. 98).

Переходя отъ наиболѣе значительныхъ областей опусканія къ горнымъ хребтамъ, какъ наиболѣе возвышающимся частямъ

Чер. 98. Сбросовая восточно-африканская впадина.

материковъ, мы прежде всего вспомнимъ, что дислокація можетъ сопровождаться вулканическимъ изверженіемъ и во всякомъ случаѣ влечетъ за собою движеніе магмы, давленіе которой можетъ приподнять небольшіе выступы между опускающимися участками и повести къ образованію лакколитовъ, а при изверженіи на поверхность изъ матеріала, доставляемаго изъ

нѣдръ земли, образуются вулканическія горы, изъ которыхъ нѣкоторыя достигаютъ значительной высоты. Бухъ, Гумбольдтъ и др. создали вулканическую теорію поднятія горъ, о которой было сказано выше, полагая, что всѣ горы воздвигнуты главнымъ образомъ вулканическою силою, приподнимавшей пласты и производившей боковое давленіе на большое разстояніе отъ горы. Но эти явленія, какъ уже было упомянуто, имѣютъ лишь второстепенное значеніе для строенія и рельефа земной коры. Самыя же крупныя и сложныя неровности на землѣ, какъ это теперь общепризнано, произведены дислокаціонными процессами; ими то и воздвигнуты высочайшія горы, которыя въ отличіе отъ вулканическихъ горъ (или горъ накопленія), называютъ тектоническими горами. Въ зависимости отъ формы

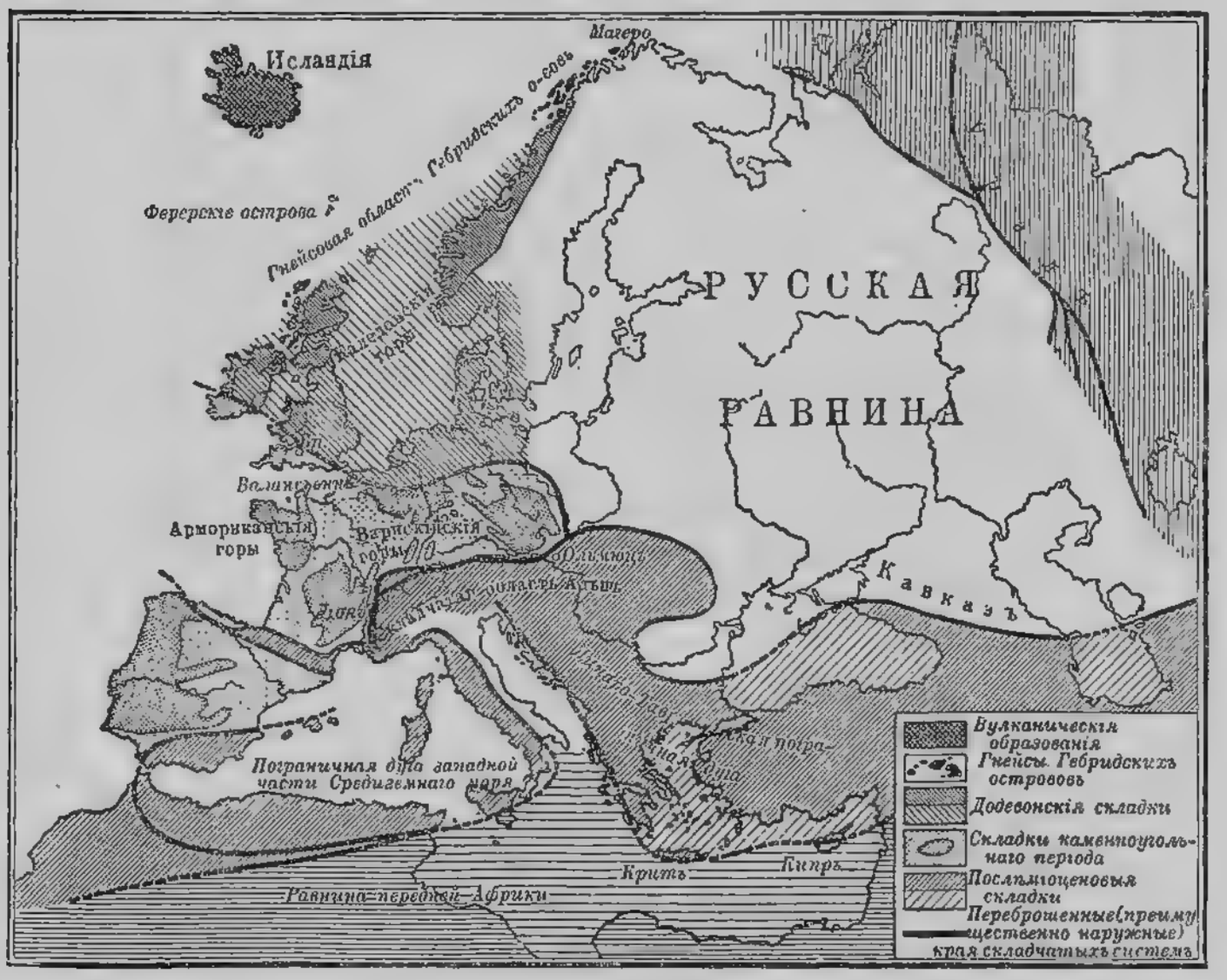


Чер. 99 Складки Швейцарской Юры.

дислокаціи различаютъ два главные типа тектоническихъ горъ; складчатыя горы (плікативныя) и сбросовыя (дизъюнктивныя).

Къ складчатымъ горамъ принадлежатъ наиболѣе замѣчательные горные кряжи — Анды, Аллеганы, Атласскіе, Альпы, Кавказскіе, Гиндукушъ, Тянь-шань, Гималаи, Аппенины, Карпаты и т. д. Часто складчатыя горы пересѣкаются продольными или поперечными сбросами или сдвигами или смѣщенныя породы подвергаются затѣмъ складчатости такъ, что отдѣльныя глыбы переплетены другъ съ другомъ, и получается довольно сложная горная система. Образцовымъ типомъ складчатыхъ горъ можетъ служить Швейцарская Юра (чер. 99), въ которой общее количество складокъ насчитываютъ до 160, высотою отъ $\frac{1}{2}$ до $1\frac{1}{2}$

версты; степень или сила складчатости въ ней около 25% (протяженіе до дислокаціи 22 кил., послѣ—16,8 кил.). Въ другихъ горахъ складчатость достигаетъ 50%, какъ напр. въ сѣв. и центральныхъ Альпахъ Швейцаріи. Въ одной и той же горѣ сила складчатости мѣняется.



Чер. 100. Тектоническая карта европейскихъ горныхъ хребтовъ (по Зюссу).

Складки образовывались во всѣ геологическіе періоды, но все же наибольшаго развитія онѣ достигли въ новѣйшее время, начиная съ третичнаго періода, такъ что наиболѣе распространенныя горныя системы произошли на существовавшихъ уже материкахъ, т. е. материки древнѣе горъ. Въ Европѣ (чер. 100), гдѣ

горы лучше всего изучены, нѣкоторыя складки образовались уже въ додевонское время. Складки силурійскихъ слоевъ на сѣверо-западѣ произвели Каледонскія горы, впослѣдствіи снесенныя и остатки которыхъ видимъ въ Скандинавіи и Шотландіи. Въ концѣ каменноугольнаго періода новыя складки образовали Арморіканскія и Варискійскія горы, залитыя затѣмъ моремъ и подвергнувшіяся обширнымъ сбросамъ, отъ которыхъ остались только слѣды. Наконецъ въ третичномъ періодѣ, особенно въ концѣ міоценовой эпохи, складками образованы Альпы, Аппенины, Карпаты и т. д. Складки западныхъ Альпъ появились въ эоценовую эпоху, но наибольшей силы достигли въ міоценовую.

Въ Россіи складки образовались уже въ архейскихъ породахъ, но затѣмъ въ теченіе долгаго времени поверхность ея остается спокойною; въ юрскомъ періодѣ началъ возникать Кавказскій хребетъ и продолжалъ свое образованіе до конца третичнаго.

Внѣевропейскія горы также образовались въ различное, болѣе или менѣе продолжительное, время; нѣкоторыя изъ нихъ моложе Альпъ, напр. Гималаи образовывались въ концѣ пліоценовой эпохи.

Сбросовыя горы или горные массивы, обязанныя своимъ происхожденіемъ одному или нѣсколькимъ сбросамъ, по своему устройству болѣе простыя, чѣмъ складчатыя. Къ числу ихъ принадлежатъ большинство массивныхъ плоскогорій и второстепенные горные кряжи, какъ напр. Шварцальдъ и Вогезы. Какъ происходитъ образованіе такихъ горъ, т. е. приподнимаются ли слои, находящіеся на верху, или опускаются нижніе, или то и другое перемѣщеніе происходитъ одновременно — вопросъ во многихъ случаяхъ спорный. Выступы Шварцвальда и Вогезовъ образовались, по мнѣнію геолога Лапларана, слѣдующимъ образомъ: поднятіемъ снизу произошелъ сначала обширный куполообразный сводъ, а затѣмъ по близости вершины слои разорвались, кора разбилась на глыбы, которыя частью опустились внизъ, а Шварцвальдъ и Вогезы остались на мѣстѣ.

Таврическія горы вѣроятно также образовались сбросомъ по трещинѣ параллельной сѣверному берегу Чернаго моря.

Въ С. Америкѣ, отъ восточной подошвы Сіерра-Невады тянутся цѣпи горъ, которыя образовались цѣлымъ рядомъ сбросовъ и сдвиговъ.

Тѣми же дислокаціонными процессами, которыми воздвигаются горы, создаются и материковыя долины, называемыя тектоническими, въ отличіе отъ долинъ, образуемыхъ разрушительными, внѣшними, силами земли. Тектоническія долины также подраздѣляютъ на складчатые, развитыя исключительно въ складчатыхъ областяхъ, и сбросовые, свойственные какъ горнымъ кряжамъ, такъ и плоскогорьямъ и равнинамъ. Складчатыя долины преимущественно продольныя, тогда какъ сбросовыя бываютъ и поперечныя и діагональныя. Примѣромъ сбросовой долины можетъ служить упомянутая уже выше нами долина Іордана (чер. 97).

Горообразовательные процессы продолжаются и въ настоящее время, что доказывается проявленіемъ по временамъ вулканическихъ силъ и землетрясеній и наконецъ вѣковыми измѣненіями береговой линіи.

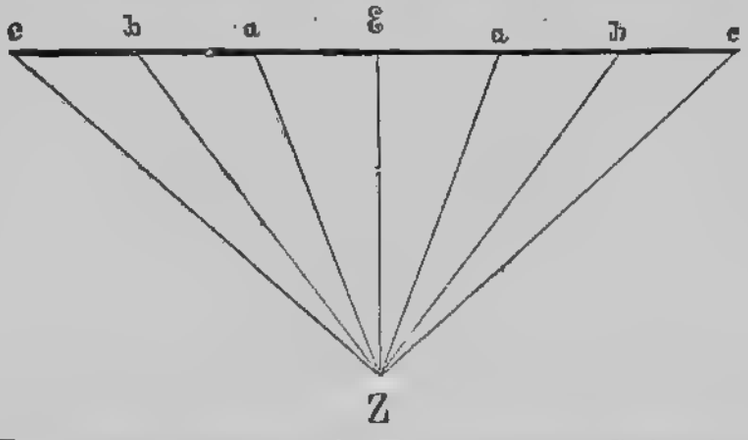
Землетрясенія.

Описаніе явленія и способы наблюденія. Всякое болѣе или менѣе значительное колебательное движеніе или сотрясеніе почвы называютъ землетрясеніемъ, совокупность же явленій, сопровождающихъ землетрясеніе — сейсмическими явленіями. Землетрясеніе опредѣляется: 1) характеромъ колебательнаго движенія и продолжительностью его и 2) произведеннымъ разрушеніемъ и областью распространенія.

Наблюденія надъ паденіемъ пластовъ въ шахтахъ и теоретическія соображенія приводятъ къ заключенію, что землетрясеніе есть слѣдствіе удара на нѣкоторой глубинѣ подъ поверхностью земли; исходную точку удара называютъ фокусомъ или центромъ землетрясенія. Въ каждой данной точкѣ области,

пришедшей въ колебательное движеніе, ударъ можетъ имѣть нормальное направленіе, или косое. Уголъ между направленіемъ удара и касательною къ земной поверхности называютъ угломъ выхода, а вертикальную проэкцію центра на земной поверхности — эпицентромъ (чер. 101).

Соотвѣтственно направленію удара, различаютъ два рода движенія почвы: 1) толчкообразное или нормальное, при прямомъ или близкомъ къ прямому углѣ выхода и 2) волнообразное, при достаточно остромъ углѣ. Переходъ отъ нор-



Чер. 101. Z — центръ землетрясенія, E — эпицентръ, EaZ, EbZ и т. д. — углы выхода.

мальнаго къ волнообразному движенію выражается смѣшаннымъ колебаніемъ. Ударъ можетъ исходить не изъ точки, а изъ цѣлой области, и тогда область толчкообразнаго движенія представляетъ собою вертикальную проэкцію подземной площади удара, а внѣ этой проэкціи простирается область волнообразнаго движенія и тѣмъ болѣе правильнаго, чѣмъ болѣе удаляться отъ эпицентра.

Толчкообразное движеніе ощущается ударомъ, которымъ подбрасываются кверху люди, дома и т. п.; волнообразное же движеніе выражается послѣдовательными поднятіями и опусканіями почвы, слѣдующими болѣе или менѣе быстро другъ за другомъ; волны, называемыя сейсмическими, идутъ въ извѣстномъ направленіи, въ видѣ поступательныхъ волнъ на морѣ. Въ большинствѣ случаевъ однако явленіе бываетъ гораздо

сложнѣе и путь частицы представляется весьма извилистымъ. Бываютъ землетрясенія, въ которыхъ вся область содрагается почти одновременно. Если ударъ не проходитъ черезъ центръ тяжести предмета, то произойдетъ вращеніе послѣдняго въ ту или другую сторону, въ зависимости отъ мѣста удара.

Продолжительность и число сотрясеній также, какъ и промежутокъ между ними, различны при каждомъ землетрясеніи. Обыкновенно продолжительность одна минута или нѣсколько секундъ. Число ударовъ больше въ началѣ явленія, обыкновенно не менѣе 3 въ одну секунду, и меньше въ концѣ, когда 1 ударъ приходится на нѣсколько секундъ. Землетрясенія сопровождаются всегда подземнымъ гуломъ и шумомъ, въ родѣ раскатовъ грома, или трескомъ. При вертикальномъ ударѣ слышится трескъ; при волнообразномъ колебаніи слышится раскатъ подземнаго грома, а гулъ вообще при смѣшанномъ землетрясеніи. Скорость распространенія сейсмической волны зависитъ отъ силы удара и отъ качествъ породъ, лежащихъ на пути волны. Скорость тѣмъ больше, чѣмъ сильнѣе ударъ; она также больше въ твердыхъ породахъ (отъ 3 до 5 разъ), чѣмъ въ рыхлыхъ. Въ большей части землетрясеній, наблюдавшихся до сихъ поръ, скорость достигала $^1/_2$ версты въ сек.

Центръ землетрясенія бываетъ и на днѣ моря или по близости его на берегу, и въ этомъ случаѣ образуются сейсмическія волны на морѣ, отличающіяся отъ вѣтровыхъ волнъ большимъ періодомъ, длиною и ничтожною сравнительно высотою, такъ что корабль въ открытомъ морѣ не замѣчаетъ этихъ волнъ, но по достиженіи берега эти волны производятъ страшныя наводненія; скорость сейсмической волны въ океанѣ зависитъ отъ глубины, но всеже она меньше, чѣмъ на материкѣ.

Сильныя землетрясенія сопровождаются обыкновенно значительными разрушеніями и измѣненіями, какъ на земной поверхности, такъ и въ самой корѣ, а именно, многочисленными трещинами, громадными обвалами, образованіемъ озеръ, изверженіемъ газовъ и воды, равно какъ и грязевыхъ потоковъ, а

на морскомъ прибрежьи — наступаніемъ огромныхъ волнъ, заливающихъ прибрежныя селенія и города на большомъ разстояніи отъ моря. Самое разрушительное дѣйствіе производятъ косые удары (чер. 102).

Обыкновенныя явленія при каждомъ землетрясеніи — это трещины, опусканія и провалы; напримѣръ, въ Андалузіи при

Чер. 102. Соборъ въ Патерно (Калабрія), разрушенный косымъ ударомъ во время землетрясенія 1857 г.

землетрясеніи 1884 года одна трещина имѣла до 3 верстъ длины и была такой ширины, что въ нее провалились многіе дома; другія трещины были шириной до 15 футъ и глубиной до 35 футъ. При землетрясеніи въ Вѣрномъ, въ 1887 году, и у озера Исыкъ-Куль, образовались трещины, изъ которыхъ извергалась вода и грязь съ сѣроводороднымъ запахомъ.

Послѣдствіемъ землетрясеній являются сдвиги и оползни породъ. Сдвиги происходятъ по трещинамъ въ области эпицентра отъ вертикальныхъ ударовъ; напримѣръ, въ Вѣрненскомъ землетрясеніи, на сѣверномъ склонѣ Заилійскаго Алатау образовались сдвиги почти на стоверстномъ разстояніи и произвели потоки грязи, заполнившіе нѣкоторыя долины во всю

Чер. 103. Трещина, образовавшаяся въ Мидоро (по Кото).

ихъ ширину до 130 футъ высоты и до 10 верстъ по длинѣ. При большомъ землетрясеніи, 28 октября 1891 года, въ средней Японіи образовалась сбросовая трещина въ 40 анг. миль длины (чер. 103), пересѣкшая Нео-таль въ направленіи къ Хаку-Сану и далѣе къ Фукуи; къ NE отъ этой трещины почва осѣла на 16 футъ и была сдвинута въ тоже время къ сѣверу на 3—13 футъ, въ одномъ лишь мѣстѣ у Мидоро почва поднялась. Не менѣе интересно также искривленіе желѣзнодорожнаго пути (чер. 104) у Санцала, произведенное перемѣщеніемъ

коры вдоль трещины, сопровождавшей землетрясеніе, 20 декабря 1892 г., въ Кветтѣ (Белуджистанъ).

Для наблюденій землетрясеній употребляютъ особые приборы — сейсмометры; въ болѣе чувствительныхъ изъ нихъ главную составную часть составляетъ маятникъ. Сейсмометры бываютъ снабжены пишущимъ механизмомъ, записи котораго даютъ направленіе вертикальныхъ и горизонтальныхъ колеба-

Чер. 104. Рельсы, передвинутые при землетрясеніи у Санцала въ 1892 г. (по Грисбаху).

ній, число ударовъ и моменты послѣдовательныхъ явленій. Наиболѣе простые приборы, сейсмоскопы, отмѣчаютъ только колебаніе почвы и его направленіе.

Независимо отъ инструментальныхъ опредѣленій, необходимы записи всѣхъ явленій, сопровождающихъ землетрясеніе, и собираніе каждый разъ свѣдѣній изъ возможно большаго числа другихъ мѣстъ, подвергнувшихся землетрясенію; такія свѣдѣнія должны заключать въ себѣ возможно точное время наступленія землетрясенія, продолжительность и характеръ колебанія почвы,

его направленіе, степень разрушенія, размѣры и направленіе трещинъ въ зданіяхъ, въ почвѣ, измѣненія въ состояніи почвенныхъ водъ, источниковъ и т. п. При наличіи указанныхъ данныхъ можно составить себѣ картину даннаго землетрясенія и опредѣлить приблизительно положеніе эпицентра и глубину фокуса. Эпицентръ всегда лежитъ въ области съ вертикальными ударами и наиболѣе разрушенной, но если землетрясеніе такого рода, что вся область трясется одновременно, то объ эпицентрѣ не можетъ быть и рѣчи.

Глубина фокуса можетъ быть опредѣлена по двумъ способамъ. Первый способъ, Маллета, основанъ на опредѣленіи угловъ выхода по направленію трещинъ въ пунктахъ *a*, *b*, *c* (чер. 101), считая, что трещины располалагаются нормально къ направленію удара. Зная углы выхода и разстоянія Ea, Eb и т. д. не трудно уже вычисленіемъ треугольниковъ Eza, Ezb и т. д. опредѣлить величину EZ. Другой способъ, Зеебаха, основывается на опредѣленіи моментовъ проявленія удара въ разныхъ мѣстахъ, считая, что ударъ скорѣе всего достигаетъ эпицентра, а затѣмъ тѣмъ позже появляется, чѣмъ дальше пунктъ расположенъ отъ эпицентра.

Оба способа могутъ дать только приближенные результаты, такъ какъ допущеніе, что трещины располагаются перпендикулярно къ направленію удара основано лишь на теоретическихъ соображеніяхъ, и самое расположеніе трещинъ связано съ свойствами матеріала и неодинаковой крѣпостью зданія въ разныхъ его частяхъ и, сверхъ того, разрушенія могутъ произойти не только отъ подземнаго удара, но и отъ волнообразныхъ колебаній почвы, затѣмъ удары могутъ исходить изъ разныхъ точекъ, и скорость распространенія ударовъ, завися отъ свойствъ горныхъ породъ, не одинакова въ разныхъ направленіяхъ, и, наконецъ, чрезвычайно трудно получить точное опредѣленіе времени, когда произошли сотрясенія почвы.

Имѣющіяся вычисленія относительно глубины центра въ нѣкоторыхъ землетрясеніяхъ показываютъ, что эта глубина

варьируетъ отъ 4 до 35 верстъ, а въ большинствѣ случаевъ не глубже 18 верстъ, такъ что подземные удары во всякомъ случаѣ исходятъ изъ твердой наружной коры, а не изъ ядра земли.

Интенсивность землетрясенія и величина области въ каждомъ данномъ случаѣ зависитъ отъ глубины исходнаго пункта. При малой глубинѣ фокуса землетрясеніе отличается силою и охватываетъ малую область, а при большой глубинѣ фокуса оно занимаетъ большую область, но со слабою интенсивностью. Напр. землетрясеніе на о-вѣ Искія, 28 іюля 1883 г., разрушившее Казамичіолу, ограничилось только областью острова, тогда какъ сравнительно слабое средне-германское землетрясеніе 1872 г. распространялось на площадь слишкомъ въ 3000 кв. геогр. миль. — Наиболѣе распространеннымъ въ послѣдней четверти XIX ст. было Чарлстонское землетрясеніе 1886 г., охватившее площадь почти въ 4 раза болѣе, чѣмъ Германская Имперія.

Повторяемость и географическое распредѣленіе землетрясеній. Наблюденія наиболѣе чувствительнымъ приборомъ, горизонтальнымъ маятникомъ Рёберъ-Пашвица, обнаруживаютъ существованіе чрезвычайно мелкихъ колебаній почвы, проявляющихся почти ежедневно, такъ что земная поверхность находится какъ будто въ постоянномъ движеніи. Эти колебанія, называемыя микросейсмическими, только недавно стали предметомъ изслѣдованій, и какъ причины ихъ, такъ и связь со слабыми землетрясеніями, еще недостаточно выяснены. Нѣкоторые сейсмологи разсматриваютъ микросейсмическія колебанія какъ весьма слабыя землетрясенія, а другіе видятъ причины ихъ въ приливахъ и отливахъ въ земной корѣ, или въ метеорологическихъ вліяніяхъ. Поэтому въ вопросѣ о повторяемости землетрясенія рѣчь можетъ быть только пока о тѣхъ колебаніяхъ почвы, которыя являются несомнѣнно результатомъ ударовъ, исходящихъ изъ подъ поверхности земли. Ежегодное число однако и такихъ землетрясеній вообще велико, особенно въ гористыхъ странахъ; напр. въ Швейцаріи, въ періодъ времени

1880—93 гг., насчитано 633 отдѣльныхъ удара, при 97 землетрясеніяхъ, охватывавшихъ болѣе или менѣе значительныя пространства, такъ что на годъ приходится въ среднемъ 45 ударовъ на 7 землетрясеній; въ Японіи, въ періодъ 1885—89 г. наблюдалось 599 землетрясеній, слѣдовательно въ годъ выходитъ 122 землетрясенія.

Статистика землетрясеній показываетъ, что землетрясенія распредѣляются неравномѣрно по времени; это давало поводъ искать связь между землетрясеніемъ и космическими (напр. движеніемъ луны) и метеорологическими факторами, но, вслѣдствіе недостаточности статистическаго матеріала и отчасти неполноты имѣющихся на лицо данныхъ, вопросъ на столько не разработанъ, что выводы въ этомъ отношеніи надо признать еще преждевременными. Географическое распредѣленіе землетрясеній показываетъ, что нѣкоторыя области подвержены особенно частымъ и сильнымъ землетрясеніямъ. Къ такимъ областямъ именно принадлежатъ побережья Средиземнаго моря, Кавказъ, Арменія, Персія, Туркестанъ, южная и восточная Азія, Японія, центральная Америка, Вестъ-Индія и зап. и сѣв. берега Южной Америки и т. п. горныя или вулканическія мѣстности (кар. 3). Изъ европейскихъ землетрясеній особенно сильны были Лиссабонское въ 1755 г., охватившее площадь почти въ 100000 кв. г. м., землетрясеніе въ Фокидѣ въ 1870 г., длившееся почти 3 года, и на Исхіи 1883 г. Въ Туркестанѣ особенно сильное землетрясеніе произошло въ г. Вѣрномъ въ 1887 г., также длившееся почти три года. Изъ американскихъ землетрясеній извѣстны своею интенсивностью Чилійское 1822 г., и Чарлстонское 1886 г. Области покоя представляютъ собою сѣверныя берега С. Америки, Европы и Азіи; въ Европѣ и Азіи, мѣстности отъ береговъ Франціи и Англіи до озера Байкала, свободны отъ сильныхъ землетрясеній, но слабыя сотрясенія почвы замѣчались и въ сѣверо-западной Европѣ и въ средней Россіи.

Такимъ образомъ, главнѣйшія области землетрясеній пред-

ставляютъ мѣстности съ наиболѣе сильною дислокаціею, тамъ, гдѣ образовались горы, особенно складчатыя, возникшія въ послѣднюю геологическую эпоху, и затѣмъ мѣстности, прилегающія къ глубокимъ внутреннимъ морямъ.

Причины землетрясеній. Распредѣленіе главнѣйшихъ областей землетрясеній по линіи дислокаціи приводитъ къ убѣжденію, что именно дислокація составляетъ причину большей части землетрясеній. Перемѣщеніе твердыхъ породъ вызываетъ на глубинахъ удары, которые передаются во всѣ стороны и, въ зависимости отъ силы удара, производятъ болѣе или менѣе сильныя землетрясенія. Тамъ, гдѣ въ залеганіи породъ не замѣтно крупныхъ перемѣщеній, какъ, напр. на сѣверѣ Азіи, Европы и Сѣв. Америки, тамъ и не замѣчается землетрясеній. Такимъ образомъ проявляется несомнѣнная связь между землетрясеніями и горообразованіемъ, связь болѣе тѣсная, чѣмъ между послѣднимъ и вулканическими изверженіями. Землетрясенія слѣдовательно могутъ быть разсматриваемы, также какъ и вулканическія явленія, какъ частное проявленіе горообразующихъ процессовъ. Часто повторяющіяся нынѣ землетрясенія въ горныхъ странахъ показываютъ, что процессъ горообразованія и теперь не закончился.

Ближайшія изслѣдованія однако показываютъ, что кромѣ землетрясеній, происходящихъ отъ дислокаціи, бываютъ землетрясенія и отъ другихъ причинъ, именно: 1) отъ обваловъ въ пещерахъ, образуемыхъ подземными водами; они присущи мѣстностямъ, которыя состоятъ изъ легко-растворимыхъ породъ (напр. известнякъ, каменная соль, гипсъ) и богаты пещерами; такія землетрясенія называются денудаціонными; 2) отъ вулканическихъ изверженій, и поэтому называются вулканическими землетрясеніями. Еще недавно, благодаря авторитету Гумбольдта, считали, что вулканическія изверженія составляютъ даже исключительную причину всѣхъ землетрясеній; но теперь доказано, что, хотя при вулканическихъ изверженіяхъ и происходятъ иногда землетрясенія, но все-же они слабыя и имѣютъ

ничтожную область распространенія, и что эти сотрясенія вызываются напоромъ газовъ и паровъ, выдѣляющихся изъ кратера. Болѣе сильныя землетрясенія, предшествующія иногда извержениямъ, происходятъ отъ образованія трещинъ въ земной корѣ, по которымъ и выходитъ лава на поверхность; слѣдовательно эти землетрясенія происходятъ отъ дислокаціи. Однако часто бываетъ трудно найти истинную причину землетрясеній въ вулканической области; одно и тоже землетрясеніе можетъ быть принято за вулканическое, провальное и дислокаціонное. Все же много данныхъ въ пользу того мнѣнія, что какъ денудаціонныя, такъ и вулканическія землетрясенія имѣютъ исходную точку не глубже 1 версты и принадлежатъ вообще къ мѣстнымъ, незначительнымъ землетрясеніямъ; землетрясенія-же большихъ размѣровъ, распространяющіяся на огромныя пространства и сопровождающіяся разрушеніемъ большихъ городовъ, находятся въ связи съ дислокаціей, и ихъ называютъ тектоническими. Изъ подобныхъ землетрясеній въ Европѣ особенно извѣстны Лиссабонское въ 1755 г. и Калабрійское въ 1783 г. [19]).

Въ землетрясеніяхъ мы встрѣчаемся съ колебаніями земной поверхности болѣе или менѣе сильными, но скоро проходящими. Но земная поверхность испытываетъ еще другого рода колебанія, распространяющіяся на большіе участки, но происходящія чрезвычайно медленно; результаты ихъ сводятся къ изгибу части земной поверхности, медленно возвышающейся или понижающейся надъ окружающими ее частями. Такія колебанія земной коры называются вѣковыми колебаніями; о нихъ мы скажемъ въ главѣ объ уровнѣ океановъ.

Геологическая дѣятельность атмосферы и водъ.

Всѣ главныя и крупныя формы рельефа на земной поверхности создаются, какъ мы видѣли выше, такъ называемыми тектоническими процессами, процессами, происходящими подъ

вліяніемъ внутреннихъ силъ земли, и преимущественно благодаря постепенному охлажденію и сжатію внутренняго ядра земли. Иную роль въ этомъ отношеніи проявляютъ силы, дѣйствующія на поверхности земли; эти силы, являясь главнымъ образомъ слѣдствіемъ, неослабной энергіи солнца, сводятся вообще къ вліянію атмосферы и водъ и приводятъ большею частью къ ослабленію рельефа и сглаженію неровностей.

Геологическая роль атмосферы. Атмосфера будучи посредникомъ въ передачѣ солнечнаго нагрѣванія (инсоляціи) и лучеиспусканія земной поверхности вліяетъ прежде всего на температуру породъ. Если составныя части породы обладаютъ различною степенью расширенія отъ теплоты, то при быстрыхъ значительныхъ колебаніяхъ температуры, вслѣдствіе неравномѣрнаго расширенія и сжатія, порода получаетъ трещины, отъ нея отдѣляются осколки, и, при продолжительности подобнаго процесса, порода мало по малу разрыхляется и распадается. Гигрометрическое состояніе воздуха играетъ при этихъ процессахъ не малую роль, усиливая или ослабляя температурныя колебанія и влажность. Распаденію породъ содѣйствуетъ затѣмъ химическое вліяніе составныхъ частей воздуха, именно, кислорода и углекислоты; первый окисляетъ многіе металлы, а послѣдняя производитъ разложеніе нѣкоторыхъ солей. Наконецъ, дѣйствіе атмосферы выражается посредствомъ вѣтра, вліяющаго механически, путемъ ударовъ, на разрушеніе породъ, и путемъ переноса разрушенныхъ частей на болѣе или менѣе значительное пространство — на мѣстное накопленіе матеріала. Наиболѣе видные дѣятели — иносоляція и вѣтеръ. Тамъ, гдѣ эти дѣятели достигаютъ наибольшей силы, тамъ и разрушеніе подъ вліяніемъ атмосферы идетъ всего быстрѣе.

Растительный покровъ ослабляетъ вліяніе инсоляціи и вѣтра, напротивъ, голая скалистая почва подвергается сильному дѣйствію инсоляціи, и если при этомъ имѣется достаточный просторъ для вѣтра, то разрушеніе идетъ въ полной мѣрѣ. Подобныя условія, наиболѣе благопріятныя разрушительному

дѣйствію атмосферы, встрѣчаемъ въ скалистыхъ пустыняхъ, какъ напр. въ Сахарѣ, Гоби и т. п.

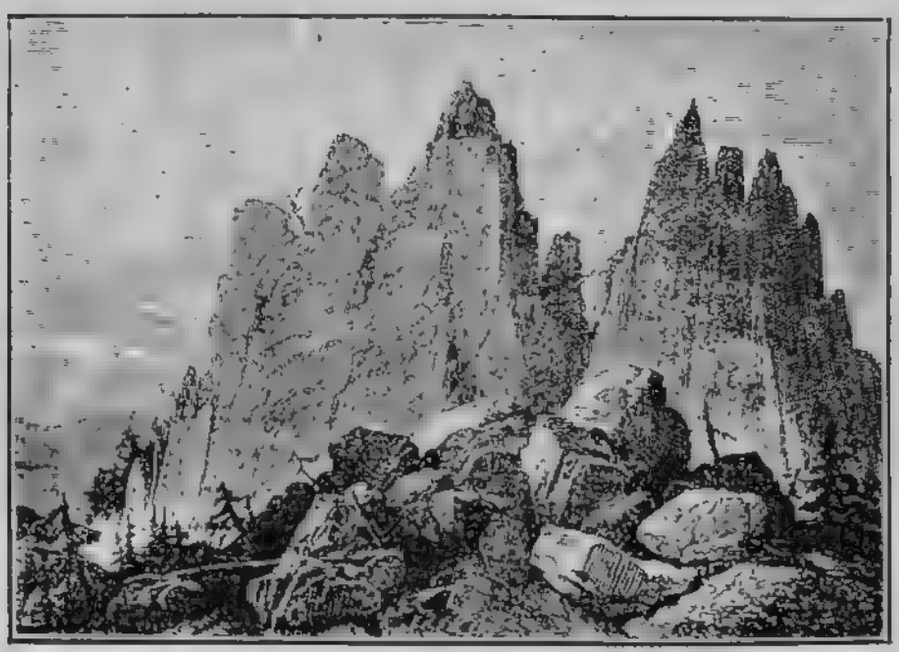
Особенность Сахары — рядъ необозримо большихъ, поднятыхъ мѣстами на значительную высоту, каменистыхъ пустынь, называемыхъ гаммадами, связанныхъ цѣлымъ рядомъ террассовидныхъ переходовъ, покрытыхъ обломками и сыпучими песками и предшествуемыхъ мѣстами призматическими или столо-

Чер. 105. Призматическія горы у Гуэльба-эль-Зерзура.

выми горами (чер. 105). Послѣднія подымаются на высоту слѣдующей за ними террассы и покрыты тою же породою, что и террасса; это обстоятельство указываетъ, что горы явились результатомъ разрушенія террассъ, и, по мнѣнію Неймайера, это разрушеніе исключительно дѣло атмосферы. Различныя породы оказываютъ различную степень сопротивленія разрушающимъ силамъ; прежде всего вывѣтриваются болѣе мягкія породы и въ ряду горизонтальныхъ пластовъ различной прочности образуются жолоба, которые углубляются все дальше и дальше, такъ что лежащіе надъ ними болѣе твердые пласты обрушиваются, и отъ террассы обособляются со временемъ отдѣльныя скалы, въ видѣ столовыхъ горъ; эти горы въ свою очередь разрушаются, пре-

вращаясь въ обломки, и взамѣнъ ихъ образуются у края террассы новыя, а край террассы отодвигается все далѣе и далѣе, и такимъ путемъ идетъ по немногу постепенное разрушеніе гаммадъ.

Пески Сахары считаютъ также результатомъ развѣванія, именно, девонскихъ и мѣловыхъ песчаниковъ, гранита и т. п. Главныя составныя части гранита, какъ извѣстно, полевой шпатъ, кварцъ и слюда; изъ нихъ дѣйствіемъ инсоляціи и



Чер. 106. Уральская сопка въ южномъ Уралѣ.

вѣтра раздробляется и уносится слюда, а полевой шпатъ, распадаясь, превращается въ глину, остается наиболѣе сопротивляющійся разрушенію кварцъ, но и онъ шлифуется песчинками, несомыми вѣтромъ.

Подобно тому, какъ пустыни, разрушаются и отдѣльныя обнаженныя скалы, расположенныя на большихъ высотахъ надъ уровнемъ моря, благодаря интенсивности здѣсь инсоляціи и сильнымъ вѣтрамъ. Если крутизна скалъ значительна, то обломки ихъ дѣйствіемъ силы тяжести скатываются далеко къ

подножію, заполняя наиболѣе углубленныя мѣста и рельефъ мѣстности мало по малу ослабѣваетъ.

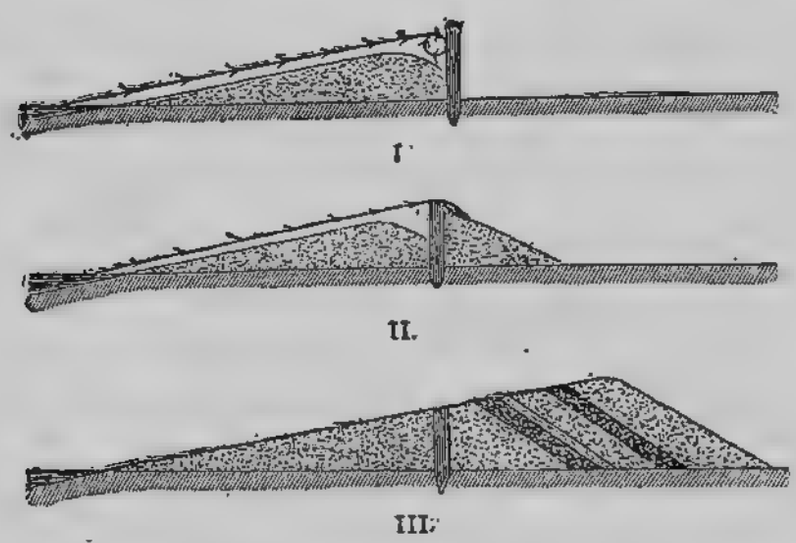
Само собою разумѣется, что во всѣхъ случаяхъ разрушенію содѣйствуетъ и атмосферная вода, которой не лишены вполнѣ даже и пустыни. Намъ приходится наблюдать обыкновенно лишь результаты совокупной дѣятельности атмосферы и ея водъ, но въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ ближайшее знакомство съ климатическими условіями и даже одинъ наружный видъ породъ, угловатость или закругленность ихъ, можетъ послужить достаточнымъ указаніемъ на преобладаніе того или иного фактора. Такъ, нагроможденіе угловатыхъ обломковъ и заостренный видъ скалъ (чер. 106) ясно обнаруживаютъ преобладающую роль атмосферы, тогда какъ подъ дѣйствіемъ воды получаются обыкновенно округленныя формы.

Геологическая роль атмосферы не ограничивается однако только разрушеніемъ; она сводится и къ переносу разрушеннаго матеріала, при томъ къ переносу и на болѣе возвышенныя части материка, а не только въ пониженныя, какъ это имѣетъ мѣсто при переносѣ матеріала текущею водою на землѣ.

Разрушенныя материковыя породы даютъ массу пыли, которая переносится вѣтромъ на болѣе или менѣе значительное пространство отъ мѣста разрушенія и, при благопріятныхъ атмосферическихъ условіяхъ (при затишьи, съ атмосферными осадками), отлагается въ другихъ мѣстахъ, образуя такъ называемыя эоловыя отложенія. Въ мѣстностяхъ же, покрытыхъ сыпучими песками, какъ въ пустыняхъ и на нѣкоторыхъ прибрежьяхъ морей, болѣе крупныя песчинки перекатываются на ближайшемъ разстояніи и ведутъ къ созданію особыхъ формъ рельефа, подъ названіемъ дюнъ и барханов.

Дюны представляютъ ряды длинныхъ песчаныхъ холмовъ на берегу моря, болѣе или менѣе прямолинейныхъ, проникающихъ иногда далеко внутрь материка. Образованіе дюнъ обязано исключительно вѣтру и происходитъ тамъ, гдѣ берегъ моря состоитъ изъ мелкаго, легкоподвижнаго песку. Дующій со

стороны моря вѣтеръ подхватываетъ большее или меньшее количество песку и переноситъ его по направленію къ материку. Если при этомъ встрѣтится (чер. 107, I) какое-либо, даже ничтожное, препятствіе, то песокъ будетъ задержанъ и будетъ накопляться до тѣхъ поръ, пока совершенно не закроетъ это препятствіе. Затѣмъ уже песокъ станетъ пересыпаться черезъ препятствіе (чер. 107, II, III) и такимъ образомъ произойдутъ



Чер. 107. Схема образованія дюнъ.

дюны съ отлогимъ склономъ къ вѣтру и крутымъ въ противоположную сторону.

Дальнѣйшее движеніе песка въ томъ-же направленіи обусловливаетъ собою передвиганіе дюнъ внутрь материка. Обыкновенно по берегу видно нѣсколько рядовъ дюнъ, раздѣляемыхъ между собою долинами; въ эти долины проникаетъ иногда море и образуетъ рядъ болотъ, озеръ. Ближайшіе къ морю ряды дюнъ обыкновенно ниже, а удаляющіеся въ материкъ выше.

Высота дюнъ чаще всего отъ 10 до 50 ф.; въ Ю. Америкѣ, близъ м. С. Рокъ, высота дюнъ доходитъ до 150 футъ, на африканскихъ берегахъ, между мысами Баядоръ и Зеленымъ, дюны достигаютъ 600 ф. высоты. Въ Европѣ дюны встрѣчаются въ Фрисландіи, Голландіи, на югозападномъ прибрежьи Франціи (выс. до 300 ф.), въ Англіи (заливъ Тэ), въ Средиземномъ

морѣ, въ заливахъ Большой и Малый Сыртъ, также на южномъ берегу Балтійскаго моря, въ Рижскомъ и Финскомъ заливахъ.

Въ Рижскомъ заливѣ дюны достигаютъ наибольшаго развитія между Зап. Двиною и р. Аа, а въ Финскомъ заливѣ онѣ распространены у устья р. Наровы и у Сестрорѣцка. Дюны имѣютъ широкое распространеніе также и на берегахъ многихъ рѣкъ въ средней и южной Россіи (Нѣманъ, Волга, Ока, Днѣпръ, Донъ) и на берегахъ озеръ (Чудское, Онежское).

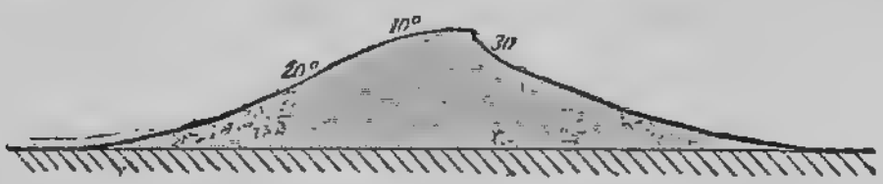
Движеніемъ своимъ внутрь материка дюны производятъ часто отклоненіе рѣчныхъ руселъ и перемѣщаютъ озера, какъ

Чер. 108. Движеніе дюнъ дер. Кунценъ (по Берендту).

напр. видимъ это въ теченіи р. Аа (Курляндія) вдоль берега Рижскаго залива и въ движеніи озеръ Гаскони и т. п. Дюны, затѣмъ, иногда засыпаютъ самыя плодородныя мѣста, производя весьма серьезныя опустошенія. На берегахъ Франціи много деревень и лѣсовъ исчезло подъ дюнами; въ Бретани дюны вторглись уже на разстояніе 6 часовъ отъ берега и изъ нихъ торчатъ верхушки засыпанныхъ деревьевъ. Между Адуромъ и Жирондою, дюны, при высотѣ около 60 ф., занимаютъ пространство около 217 кв. географ. миль, и передвигаются со скоростью 60—80 ф. въ годъ. На берегахъ Балтійскаго моря, въ Пруссіи, обширныя лѣсныя дачи засыпаны пескомъ; Рантумъ (Сѣв. Шлезвигъ) почти совершенно погребенъ подъ песками. Деревня Кунценъ (у Куришъ-Гафа) была засыпана сначала пескомъ, а затѣмъ, при дальнѣйшемъ движеніи дюнъ, развалины ея опять выступили

(чер. 108) на дневную поверхность. Въ Финскомъ заливѣ Сестрорѣцкъ подвергается также разрушительному дѣйствію дюнъ — онѣ засыпаютъ какъ селеніе, такъ и сосѣдній лѣсъ. Лучшею защитою отъ дюнъ, служитъ насажденіе растительности легко принимающейся на песчаной почвѣ, напр. дикаго овса, ивы и т. п. При всемъ томъ дюнамъ обязаны многія низменности защитою отъ вторженія морскихъ водъ, какъ, напр. въ Голландіи, въ которой устраиваютъ даже искусственныя дюны-плотины.

Песчаные холмы значительной высоты могутъ образоваться и внутри континента, именно тамъ, гдѣ на большомъ пространствѣ залегаютъ сыпучіе пески; въ такихъ мѣстахъ пески скопляются въ холмы большей или меньшей высоты; въ Сахарѣ, напримѣръ, онѣ достигаютъ 200—250 футъ (чер. 109).

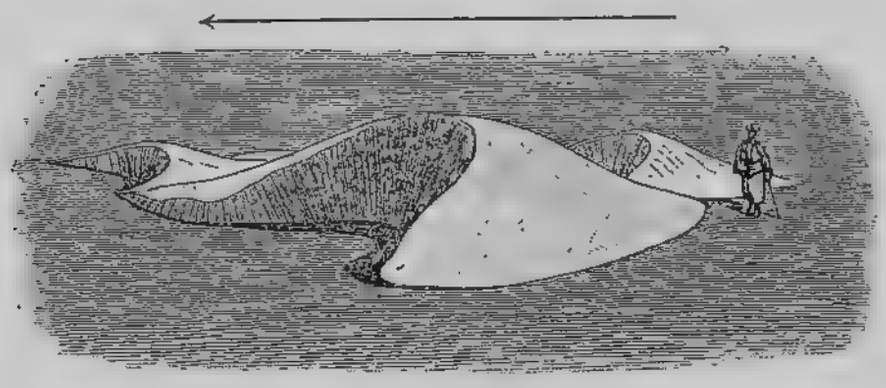


Чер. 109. Дюны Ливійской пустыни (по Циттелю).

Въ пустыняхъ Азіи песчаные холмы представляются то въ формѣ дюнъ, то принимаютъ подковообразную форму, причемъ также сторона, обращенная къ господствующему вѣтру, пологая; такіе холмы тамъ называютъ барханами (чер. 110). Въ Закаспійской области, Каракульскіе барханы возвышаются отъ 20 до 30 футъ съ навѣтреннымъ наклономъ отъ 5° до 13°. Подковообразную форму бархановъ объясняютъ тѣмъ, что если песчаный холмъ, двигаясь впередъ по вѣтру, встрѣчаетъ въ средней части своей преграду, напримѣръ, кустъ саксаула, тогда боковыя части движутся быстрѣе, чѣмъ средняя, и такимъ образомъ получается подковообразная или серпообразная форма. Такую же форму имѣютъ иногда и приморскія дюны, слѣдовательно, дюны и барханы представляютъ собою одно и тоже явленіе.

Переходя къ эоловымъ отложеніямъ, замѣтимъ, что такія отложенія могутъ быть и космическаго происхожденія, отъ попадающей въ земную атмосферу метеорной пыли, но первое мѣсто между эоловыми отложеніями занимаютъ несомнѣнно отложенія пыли отъ разрушенныхъ материковыхъ породъ, особенно скалистыхъ пустынь, гдѣ всего энергичнѣе идетъ разрушеніе.

Эоловыя отложенія, при благопріятныхъ климатическихъ условіяхъ, дѣлаютъ почву плодородною, такъ какъ они содер-



Чер. 110. Барханы Закаспійской области (по Мушкетову).

жатъ обыкновенно самые разнообразные продукты въ измельченномъ состояніи, какъ-то глину, полевой шпатъ, известь, кремневые и кварцевые осколки, и наконецъ органическіе продукты, въ особенности сгнившіе корни и стебельки растеній. Площади эоловыхъ отложеній чаще всего покрыты степными травами. Въ такихъ мѣстахъ отлагающаяся пыль находитъ себѣ защиту въ травяной растительности, прибивается дождемъ и, уплотняясь, образуетъ по истеченіи многихъ вѣковъ, мощные пласты. По мнѣнію профессора Рихтофена, такого рода эоловое отложеніе въ прежнюю геологическую эпоху (третичный періодъ) послужило для образованія лёсса — особой пористой известко-песчанистой глины, сѣроватаго или буро-желтоватаго цвѣта. Впервые лёссъ открытъ на Рейнѣ, но найбольшее скопленіе его извѣстно

въ Азіи, особенно въ Китаѣ. Лёссовыя отложенія достигаютъ въ Азіи до 1000 футъ толщины; въ Европѣ они встрѣчаются во Франціи, Австріи, Бельгіи, Пруссіи, Россіи; въ Сѣверной Америкѣ между Сіерра-Невада и склонами горъ, между Мексикой и Калифорніей. Типичный лёссъ, кромѣ пористости, отличается еще отсутствіемъ слоистости и настолько твердъ и вязокъ, что образуетъ мѣстами отвѣсные обрывы (чер. 111 и 112) и своды

Чер. 111. Стѣны лёсса на берегу р. Гоанго (по Рихтгофену).

съ пещерами. Лёссъ употребляется на постройки, настолько онъ иногда представляетъ собою плотную массу; почва, покрытая лёссомъ, самая плодородная. Такъ какъ современная эоловая пыль отлагается въ степныхъ пространствахъ, то очевидно, что условія залеганія лёсса когда-то были подобныя-же, то есть лёссовыя области могутъ служить указаніемъ распредѣленія степей въ прежнюю геологическую эпоху. Встрѣчается также и слоистый лёссъ; онъ происходитъ отъ отложенія пыли въ водныхъ бассейнахъ и потому его называютъ озернымъ лёс-

сомъ; одно изъ отличительныхъ свойствъ его — водонепроницаемость.

Отъ непосредственнаго развѣванія материковыхъ породъ происходитъ также пассатная пыль, названная такъ профессоромъ Эренбергомъ, впервые изслѣдовавшимъ ее. Эта пыль, красноватаго или красновато-бураго цвѣта, находится постоянно въ воздухѣ въ пассатной области Атлантическаго океана, особенно у западнаго прибрежья Африки. Здѣсь она падаетъ на палубы проходящихъ судовъ. Вѣтромъ верхнихъ слоевъ атмосферы она уносится въ области, лежащія къ сѣверу отъ пассатной области, и тамъ ниспадаетъ на поверхность земли большею частью съ атмосферными осадками. Примѣсью ее къ дождю объясняютъ такъ называемое явленіе кровавыхъ дождей; напримѣръ, въ 1755 г. въ окрестностяхъ Лаго-Маджіора выпалъ такой дождь, причемъ около 200 квадратныхъ географическихъ миль поверхности покрылись осадкомъ до 1 дюйма толщиною; въ то-же время въ Альпахъ выпалъ красноватый снѣгъ въ 9 футъ толщиною. На Мальтѣ часто, при продолжительныхъ S вѣтрахъ, выпадаетъ подобная-же красноватая пыль. По изслѣдованію Эренберга въ пассатной пыли, кромѣ минеральныхъ частицъ, напримѣръ, кварца, обнаруживаются мельчайшія инфузоріи и діатомеи. Основываясь

Чер. 112. Лёссовое ущелье въ Китаѣ (по Рихтгофену).

на видахъ послѣднихъ, Эренбергъ полагалъ, что эта пыль происходитъ изъ Америки, но новѣйшія изслѣдованія показали, что выпаденіе большихъ массъ пассатной пыли бываетъ обыкновенно при восточныхъ вѣтрахъ, и потому всего вѣроятнѣе считать мѣстомъ происхожденія пыли западную часть Сахары. Пассатная пыль, отлагаясь на днѣ океана, образуетъ тамъ красноватый илъ дна, часто встрѣчающійся въ Сѣверномъ Атлантическомъ океанѣ.

Кромѣ пыли, исходящей изъ пустынь, немалую роль въ эоловыхъ отложеніяхъ играетъ вулканическій пепелъ. Уносясь вѣтромъ, онъ отлагается, какъ на материкахъ, такъ и на морѣ, въ мѣстностяхъ, лишенныхъ совершенно вулканическаго характера, и образуетъ тамъ иногда толстый слой вулканическаго туфа. На материкахъ такимъ путемъ образуются довольно значительные пепельные холмы, которые подъ вліяніемъ дождей превращаются въ твердыя породы. Океаны, особенно Тихій, во многихъ мѣстахъ обнаруживаютъ залеганія слоевъ вулканической пемзы, доставляемой изверженіями Зондскихъ вулкановъ часто въ огромномъ количествѣ. При изверженіяхъ Крокатоа, въ 1883 году, пепелъ распространился на большей части земной поверхности, а изверженіе вулкана на островѣ Сумбава, въ 1815 году, дало такую густую массу пепла, что на 500 верстъ вокругъ вулкана день превратился въ ночь и на всемъ протяженіи, отъ берега Австраліи до Суматры и Явы (1400 верстъ) море было мѣстами покрыто на 2 фут. толщиною слоемъ пемзы, такъ что судну было трудно двигаться.

Изъ всего вышеизложеннаго о геологической дѣятельности атмосферы слѣдуетъ, что атмосфера принимаетъ немалое участіе въ образованіи рельефа земной поверхности, причемъ она только въ частности усиливаетъ этотъ рельефъ, какъ, напримѣръ, при образованіи песчаныхъ или пепельныхъ холмовъ, въ большинствѣ же случаевъ она сглаживаетъ рельефъ. Однако роль атмосферы все-же не столь велика, какъ роль водъ.

Дѣятельность водъ. Дѣятельность водъ выражается какъ въ растворенiи породъ, такъ и въ механическомъ смыванiи ихъ. Вода, выпадающая на поверхность земли изъ атмосферы, частью стекаетъ по самой поверхности изъ высшихъ мѣстъ въ низшiя, частью-же проникаетъ болѣе или менѣе глубоко въ землю и движется тамъ въ зависимости отъ крутизны склоновъ разныхъ пластовъ и характера породъ. Можно сказать, что всѣ твердыя породы, за исключенiемъ лишь мрамора и нѣкоторыхъ вулканическихъ породъ, болѣе или менѣе проницаемы для воды, то есть могутъ болѣе или менѣе пропускать воду. Изъ рыхлыхъ-же породъ только чистая глина не пропускаетъ воды, то есть является тѣломъ водоупорнымъ, но она сама поглощаетъ воду и, пропитываясь ею, вспучивается, и тогда становится до извѣстной степени водопроницаемой. Такъ какъ въ природѣ рѣдко встрѣчается чистая глина, а почти всегда она смѣшана съ пескомъ, то и она слѣдовательно на самомъ дѣлѣ немного пропускаетъ воду. Вообще относительно водопроницаемости рыхлыхъ породъ можно говорить только условно, въ смыслѣ задержки воды на болѣе или менѣе продолжительное время. Во всякомъ случаѣ среди рыхлыхъ породъ, глиняные пласты являются прежде всего водоупорными, то есть, задерживающими воду.

Ближайшiй къ поверхности земли задержанный водяной слой называется грунтовою или почвенною водою. Уровень этихъ водъ въ каждомъ данномъ мѣстѣ различный, даже на близкомъ разстоянiи, напр. въ Петербургѣ, на Васильевскомъ островѣ, уровень отъ 1 до 4 футъ, а на Пескахъ до 6 футъ. Затѣмъ, уровень претерпѣваетъ значительныя колебанiя, въ зависимости отъ количества выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ.

Грунтовыя воды проникаютъ съ теченiемъ времени и въ болѣе глубокiе слои, или черезъ пласты водопроницаемые, или же по трещинамъ и пустотамъ, въ видѣ подземныхъ рѣкъ, такъ называемыхъ водяныхъ жилъ. Накопляясь между водонепроницаемыми пластами и, растворяя по пути, или механи-

чески размывая рыхлыя породы, подземная вода затѣмъ большею частью выходитъ на дневную поверхность въ видѣ ключа или источника, частью проникаетъ въ горныя породы, сообщая имъ извѣстную влажность, и частью въ видѣ паровъ выбрасывается при вулканическихъ изверженіяхъ.

Ключи и источники. Въ зависимости отъ того, какія глубины проходитъ вода и какія породы по пути растворяетъ, а также отъ способа выхода на земную поверхность, источники могутъ происходить различнымъ образомъ и обладать различными физическими свойствами.

Относительно способовъ выхода, источники раздѣляются на нисходящіе и восходящіе. Если водопроницаемый

Чер. 113. Схема нисходящихъ источниковъ, питающихся водою озера. mn — высшій уровень, c — временной источникъ, a — постоянный.

пластъ прорѣзывается углубленіемъ на земной поверхности, то вода спускается по наклону до самаго выхода на дневную поверхность и источникъ получается нисходящій. Такого рода источники выходятъ вообще изъ возвышенной мѣстности, иногда отъ просачиванія водъ высоколежащихъ озеръ, или отъ сокрытія рѣкъ. Можетъ случиться, что изъ водоема вода просачивается по нѣсколькимъ путямъ, расположеннымъ на различныхъ уровняхъ, и тогда, въ зависимости отъ высоты уровня въ водоемѣ, будемъ имѣть временные и постоянные источники (чер. 113). Если водонепроницаемые пласты изогнуты котлообразно и образуютъ мульду, то подземная вода, собираясь въ серединѣ мульды, можетъ подниматься вверхъ, вдоль непроницаемаго слоя подъ вліяніемъ гидростатическаго давленія, или сжатыхъ газовъ, или водянаго пара, и образуетъ

такимъ образомъ восходящій источникъ. Послѣдній можетъ выходить у одного края мульды подъ напоромъ болѣе высокаго края; если же образуется отверстіе въ самой срединѣ котловины, вода будетъ бить изъ этой середины. Такое отверстіе дѣлается часто искусственнымъ путемъ, и въ такомъ случаѣ ключи, въ отличіе отъ натуральныхъ, называются артезіанскими колодцами (чер. 114). Артезіанская вода можетъ однако получиться и при одностороннемъ давленіи, при отсутствіи котловинной формы водоноснаго слоя.

Глубина артезіанскаго колодца можетъ быть различная въ каждомъ данномъ случаѣ. Большая часть извѣстныхъ колодцевъ пробуравлена на нѣсколько сотъ футовъ. Самый глубокій ко-

Чер. 114. Схематическій разрѣзъ артезіанскаго колодца: a) нижній водоупорный слой, b) водоносный горизонтъ, c) верхнія водонепроницаемыя породы.

лодезь извѣстенъ въ Сен-Луи (Сѣв.-Амер. Соед. Штаты) глубиною 3860 ф., но вода здѣсь немного не доходитъ до поверхности. Въ Шотландіи глубина колодцевъ большей частью до 160 фут. Въ С.-Петербургѣ самый глубокій искусственный колодезь (чер. 22, стр. 75) въ Экспедиціи Заготовленія Государственныхъ бумагъ; глубина его 658 футъ и діаметръ трубы 6″, даетъ въ сутки болѣе 250 тысячъ ведеръ; температура воды около $11^{\circ},_{2}$ Ц. и минеральность воды съ глубиною увеличивается.

По физическимъ свойствамъ ключи различаются, какъ по температурѣ, такъ и по минеральному составу. Большая часть ключей имѣетъ температуру, соотвѣтствующую средней годовой температурѣ въ данномъ мѣстѣ,—такіе ключи называютъ нормальными; если температура выше, ихъ называютъ теплыми, а если ниже — холодными.

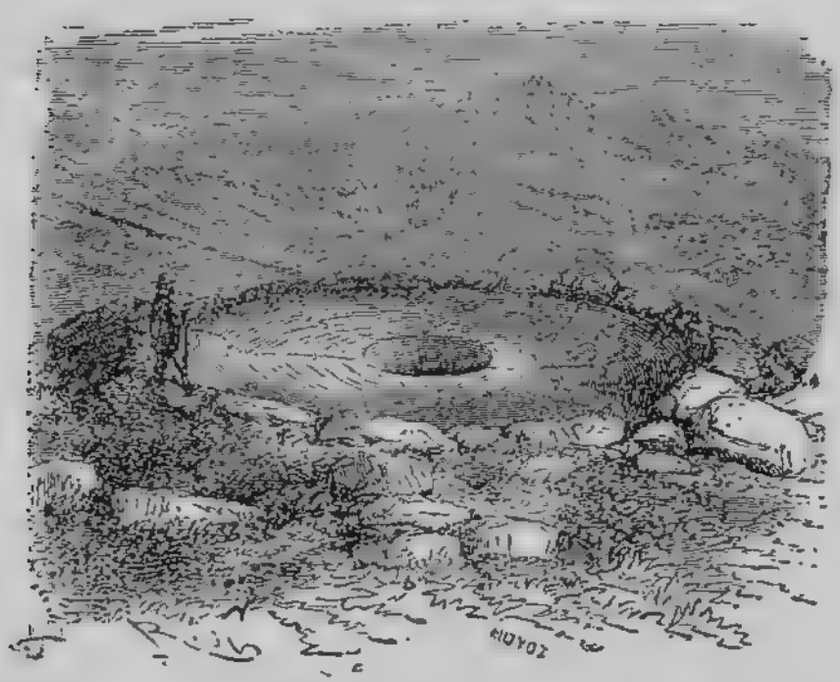
Холодные ключи встрѣчаются рѣдко; они обыкновенно берутъ начало въ области ледниковъ или снѣговъ, залегающихъ въ горныхъ котловинахъ. Если въ породахъ есть трещины, то вода, происходящая отъ таянія снѣга, проникаетъ внутрь земли и, выходя на дневную поверхность, даетъ холодный ключъ. Напримѣръ, въ Заилійскомъ Алатау, въ долинѣ Исыль, источникъ имѣетъ 5° Ц., а средняя годовая температура мѣстности 12°.

Среди теплыхъ ключей различаютъ еще горячіе, температура которыхъ выше 30° Ц. Само собою понятно, что горячіе ключи должны выходить съ той, болѣе или менѣе значительной, глубины, гдѣ и породы обладаютъ высокою температурой. Эти ключи находятся въ самой тѣсной связи съ вулканическими явленіями, являясь во многихъ случаяхъ остатками прежней вулканической дѣятельности, и потому они встрѣчаются обыкновенно въ вулканическихъ, дѣйствующихъ и потухшихъ, областяхъ, и вообще въ областяхъ тектоническихъ нарушеній. Въ Японіи много ключей съ температурой около 100°; въ Исландіи Большой Гейзеръ имѣетъ температуру на поверхности 85° Ц. и на глубинѣ 21 метра 127° Ц. Въ Европѣ также много ключей съ высокой температурой, напр. Карлсбадъ 75°; Екатерининскій на Кавказѣ 88°; Пятигорскій 40° и т. д.

Отъ большаго или меньшаго содержанія въ ключѣ минеральныхъ веществъ зависятъ его свойства; при значительномъ количествѣ этихъ веществъ источникъ называютъ минеральнымъ, а при маломъ количествѣ — безразличнымъ. Изъ минеральныхъ примѣсей главное мѣсто занимаютъ хлористыя и углекислыя соли, а затѣмъ сѣрно-кислыя и кремнеземъ, бромистыя, іодистыя и т. д. По преобладающему количеству того или другого состава, или-же по практическому значенію состава, источники носятъ то или другое названіе. Главнѣйшіе и наиболѣе распространенные источники, играющіе большую роль въ экономіи природы, слѣдующія:

1) Известковые — жесткіе или землистые источники, главнымъ образомъ содержащіе соли кальція, углекислыя и сѣр-

нокислыя. Это наиболѣе распространенные ключи. Степень жесткости ихъ опредѣляется количествомъ миллиграммовъ окиси кальція на сто кубическихъ сантиметровъ воды; вода для питья не должна содержать болѣе 18 миллиграммовъ. Такіе ключи происходятъ отъ просачиванія атмосферной воды сквозь известковыя породы, расположенныя подъ растительнымъ покровомъ. Выходя на земную поверхность, эти ключи выдѣляютъ углекислоту и отлагаютъ углекислую известь въ видѣ туфа, пред-



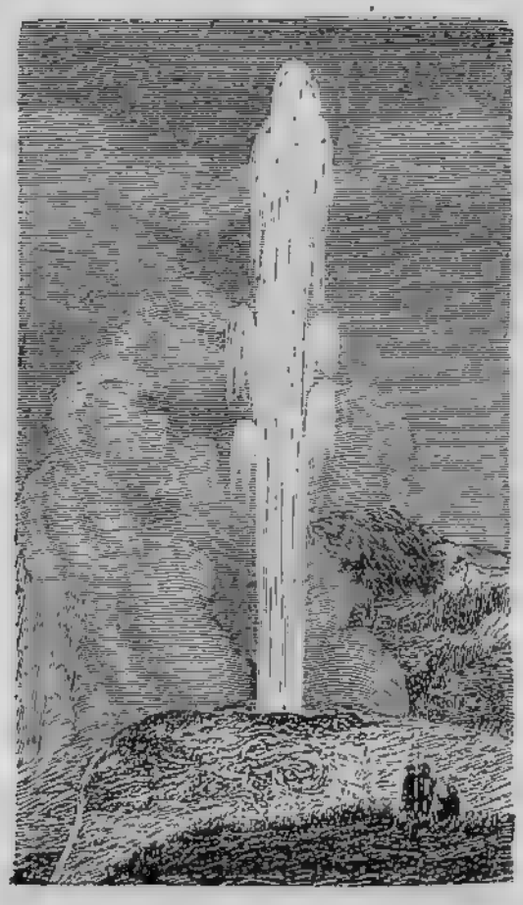
Чер. 115. Бассейнъ «Большаго Гейзера» въ Исландіи.

ставляющаго пористую массу; напримѣръ, ломки такого туфа находятся около Гатчины, близъ деревень Пудость и другихъ, гдѣ, полагаютъ, находилось прежде озеро, въ которое впадали известковые ключи. Еще болѣе мощное отложеніе известковыхъ осадковъ происходитъ въ вулканическихъ странахъ изъ теплыхъ источниковъ. Такъ, въ Тосканѣ, теплый известковый ключъ у подножія горы Аміяты, около бань Санъ-Филиппо, способенъ отложить въ теченіе 4 мѣсяцевъ слой около 1 фута толщиною. Теперь съ холма, на которомъ выстроены бани Санъ-

Филиппо, спускается известковый осадокъ длиною въ $1\frac{1}{4}$ мили и шириною $\frac{1}{3}$ мили, а толщиною около 280 футъ.

Осадокъ изъ теплыхъ растворовъ плотнѣе туфа и кристалличнѣе. Подобный осадокъ въ окрестностяхъ Рима извѣстенъ подъ именемъ травертина и идетъ на постройки. Его огромныя ломки указываютъ, что здѣсь когда то былъ запасъ теплыхъ известковыхъ ключей.

2) Кремнеземные ключи, содержатъ въ обиліи кремнеземъ; такъ какъ послѣдній легче растворяется въ теплой водѣ, чѣмъ въ холодной, то эти ключи по преимуществу принадлежатъ къ горячимъ ключамъ и встрѣчаются поэтому большей частью въ вулканическихъ странахъ, чему примѣромъ могутъ служить гейзеры въ Исландіи. Иногда эти ключи называютъ общимъ именемъ гейзеровъ.



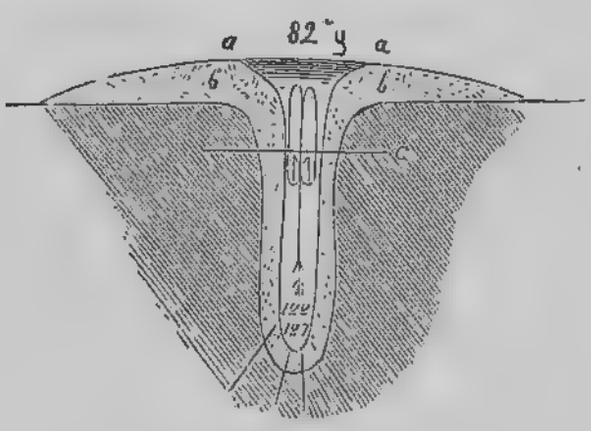
Чер. 116. Изверженіе «Большаго Гейзера».

Извѣстенъ особенно „Большой Гейзеръ“ въ Исландіи; отлагаемый имъ кремнистый осадокъ на подобіе известковаго туфа образовалъ конусъ до 30 футъ высоты и до 200 футъ діаметромъ. На вершинѣ конуса круглый бассейнъ (чер. 115) въ 3—7 ф. глубины, на днѣ котораго каналъ діаметромъ около 12 ф., откуда выливается вода, иногда спокойно; но періодически, черезъ 24 или 30 часовъ, вода начинаетъ кипѣть, появляются небольшіе взрывы, и,

наконецъ, извергается огромная струя, достигающая высоты 20—100 футъ (чер. 116).

Изверженіе сопровождается подземными ударами и по прошествіи минутъ 10 все успокаивается, и вода становится прозрачною, обыкновенно съ желтоватымъ отливомъ.

Изслѣдованіе Бунзена и де-Клюазо показали, что температура воды, на поверхности гейзера 82°, и быстро увеличивается съ глубиною до 127° С. (на глубинѣ 21 метра), температуры, далеко превышающей точку кипѣнія (чер. 117). Наиболѣе удовлетворительное объясненіе періодичности гейзера далъ Бунзенъ и оно сводится къ слѣдующему: вода въ низшихъ слояхъ



Чер. 117. Схематическое сѣченіе «Большаго Гейзера» для объясненія періодичности взрывовъ.

перегрѣта, и потому только не обращается въ паръ, что находится подъ давленіемъ верхнихъ слоевъ. Теплота низшихъ слоевъ передается однако постепенно верхнимъ, путемъ восходящихъ и нисходящихъ потоковъ. Какъ только поверхность нагрѣется до 100° С., она начинаетъ кипѣть, тогда давленіе быстро уменьшается на глубинѣ, и мгновенно образуется въ низшихъ слояхъ паръ, который, выбиваясь на верхъ, образуетъ взрывъ. Вода, поднявшаяся вверхъ, охлаждается, и, падая обратно въ отверстіе гейзера, понижаетъ температуру его воды и прекращаетъ дальнѣйшее кипѣніе. Послѣ того въ гейзерѣ опять повышается температура, и черезъ нѣкоторое время опять наступаетъ изверженіе и т. д. Высокія температуры низшихъ

слоевъ гейзера объясняютъ вулканическимъ характеромъ всей Исландіи, также какъ и вообще мѣстностей, гдѣ наблюдаются гейзеры. Вѣроятно оказываетъ также вліяніе на температуру близость къ поверхности лавовыхъ потоковъ, которые какъ извѣстно, долго могутъ сохранять теплоту.

Гейзеровъ много не только въ Исландіи, но и въ Новой Зеландіи ихъ насчитываютъ сотнями, однако наиболѣе величественными по своей дѣятельности являются гейзеры Іеллостонскаго Національнаго парка, въ Сѣв. Америкѣ, на границѣ Уайминга и Монтаны. Въ этомъ паркѣ насчитываютъ до 7000 горячихъ ключей и изъ нихъ 84 гейзера, изъ которыхъ нѣкоторые выбрасываютъ періодически водяныя струи до 380 футъ высотою. Одинъ изъ самыхъ замѣчательныхъ гейзеровъ, подъ названіемъ „Giant“, производитъ изверженіе черезъ каждые три дня въ теченіи 3 часовъ. Подобные продолжительные періоды покоя и огромныя массы паровъ, образующіяся при изверженіяхъ „Giant“, не могутъ быть вполнѣ объяснимы простою теоріею Бунзена, и потому допускаютъ, что періодичность изверженія гейзеровъ иногда можетъ быть связана съ формою трубы гейзера и особымъ сочетаніемъ трещинъ въ породахъ.

Такъ какъ все-же взрывы гейзеровъ зависятъ отъ длины трубы гейзера, то полагаютъ, что каждый теплый ключъ (кремнеземный) съ теченіемъ времени переходитъ въ гейзеръ, который впослѣдствіи опять прекращаетъ изверженіе и переходитъ въ обыкновенный кремнеземный ключъ. При первоначальномъ выходѣ на дневную поверхность горячаго ключа (кремнеземнаго), разстояніе между поверхностью и дномъ трубы гейзера такъ незначительно, что температура по всему каналу не обнаруживаетъ значительной разницы, и потому изъ такого источника постепенно выдѣляется паръ, а взрывовъ нѣтъ. Когда-же отъ продолжительнаго дѣйствія источника образуется значительная масса отложенія, труба гейзера увеличится на столько, что температура на поверхности уже будетъ становиться ниже точки кипѣнія, и тогда произойдетъ явленіе гейзера. При дальнѣй-

шемъ увеличеніи трубы дѣло можетъ дойти до того, что, не смотря на подогрѣваніе низшихъ слоевъ, вода на поверхности никогда не можетъ подняться до точки кипѣнія, тогда явленіе гейзера прекращается и онъ становится обыкновеннымъ источникомъ. Такимъ образомъ явленіе гейзера есть промежуточная стадія въ существованіи каждаго кремнеземнаго ключа; напримѣръ, считаютъ, что „Большой Гейзеръ“ сталъ дѣйствовать въ IX столѣтіи послѣ Р. Х.

Чер. 118. Конусъ изъ кремнистаго туфа, образованный гейзеромъ «Замка» въ Іеллостонскомъ Національномъ паркѣ.

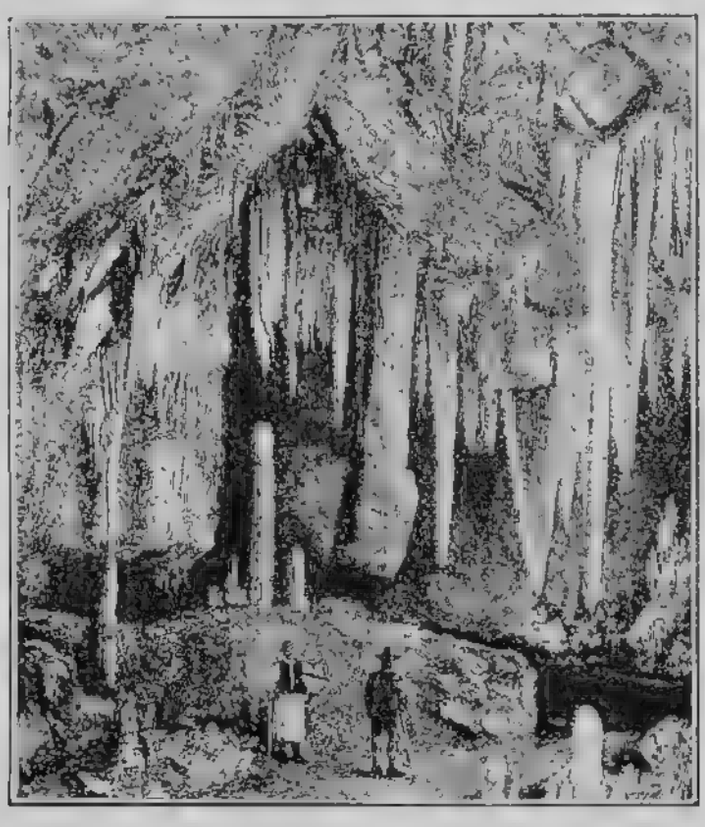
На склонахъ гейзеровъ отлагается и накопляется кремнистый туфъ (чер. 118); отложенія эти происходятъ, какъ при простомъ охлажденіи воды, такъ и при участіи нѣкоторыхъ водорослей, обитающихъ въ горячей водѣ (на 7° ниже точки кипѣнія) и выдѣляющихъ кремнекислоту въ видѣ слизи.

3) Желѣзные источники содержатъ соли закиси желѣза; количество послѣдняго варьируетъ значительно и бываетъ часто смѣшано съ другими солями, отчего и сами источники бываютъ

или чисто желѣзные (Спа, Маріенбадъ) или желѣзисто-щелочные (Желѣзноводскъ), желѣзисто-соляные и т. п. Напримѣръ, Нейзальцверкъ въ Вестфаліи выноситъ ежегодно 376 кубич. метровъ углекислаго кальція и 17 кубическ. метровъ желѣзистой охры. Желѣзные источники встрѣчаются среди плотныхъ кристаллическихъ породъ, богатыхъ желѣзомъ; такъ, въ зап. части Олонецкой губерніи горныя породы, называемыя діоритами и діабазами, содержатъ желѣзо въ видѣ сѣрнаго колчедана и магнитнаго желѣзняка, а потому тамъ много желѣзныхъ ключей. Изъ желѣзныхъ ключей выдѣляется окись желѣза и осаждается въ видѣ руды. Давно уже извѣстны залежи такихъ рудъ въ болотистыхъ и луговыхъ мѣстахъ Сѣверной Россіи, Германіи, Голландіи, также извѣстны озерныя руды Скандинавіи. Самый процессъ образованія руды состоитъ въ томъ, что когда желѣзный источникъ попадаетъ въ свободное болото или озеро, не имѣющее теченія, то содержащаяся въ немъ закись желѣза мало по малу окисляется и переходитъ въ окись; эта послѣдняя не растворяется въ водѣ, а потому осаждается, и обыкновенно она осаждается на мелкихъ постороннихъ предметахъ, окружая ихъ концентрическими слоями, и образуетъ куски разнообразной формы, которыя составляютъ желѣзную руду. Озерныя руды Норвегіи находятся на 30 футъ подъ водою, толщина ихъ до $1^1/_2$ фута и разработка ихъ показываетъ, что слой, толщиною $^1/_2$ фута, легко возстановляется въ 15—30 лѣтъ. Иногда въ осадкахъ желѣзныхъ источниковъ находятъ марганецъ, даже въ большихъ массахъ (марганцевая соль), какъ напр. источники на мысѣ Доброй Надежды (+43° С.). Тамъ, гдѣ имѣются гніющія органическія вещества, тамъ желѣзные источники образуютъ сѣрный колчеданъ. Желѣзные источники распространены, какъ въ Россіи, такъ и въ Западной Европѣ.

4) Сѣрнистые ключи содержатъ сѣроводородъ, сѣрнокислый натръ и кальцій. Такъ какъ они обыкновенно встрѣчаются тамъ, гдѣ есть гипсъ, то послѣдній и служитъ главной

причиной образованія сѣрнистыхъ ключей, благодаря возстановляющему дѣйствію углеводорода. Въ присутствіи воды углеродъ соединяется съ кислородомъ гипса, а водородъ — съ сѣрою. При сильномъ соединеніи выдѣляется прямо сѣра въ видѣ пыли или кристалловъ. Изъ этихъ ключей выдѣляется и осаждается вмѣстѣ съ сѣрою и мягкій порошокъ гипса. Выносъ этими ключами твердаго осадка на поверхность можетъ быть



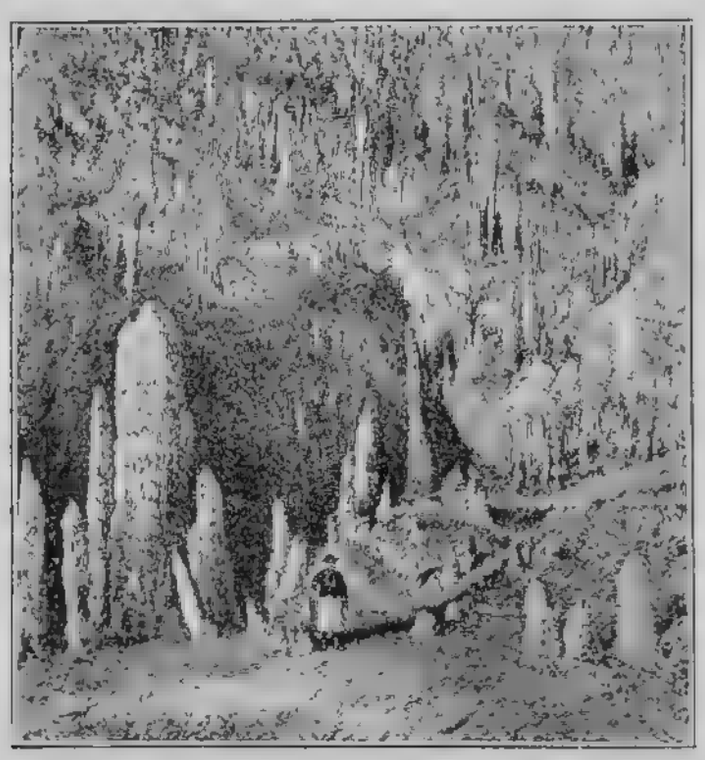
Чер. 119. Сталактиты Ангелекской пещеры въ Венгріи.

значительнымъ. Напримѣръ, гипсовый источникъ Лоренцъ въ Швейцаріи выноситъ ежегодно около 400000 пудовъ гипса = массѣ 6000 кубич. футовъ.

Хотя эти источники сравнительно съ известковыми даютъ меньшее количество осадковъ, но за продолжительное время и они могутъ доставить весьма мощное отложеніе. Такъ, по расчету Гауера, сѣрнистые источники Варесдинъ-Теплицъ въ Кроаціи за время отъ Р. Х. до сихъ поръ вынесли такое коли-

чество солей, что можно составить гору выше Страсбургскаго собора. У насъ эти источники извѣстны въ Остзейскомъ краѣ, въ Оренбургской губерніи, на Кавказѣ. Они часто находятся въ сосѣдствѣ съ нефтяными источниками.

5) Соленые источники, содержащіе хлористый натръ, получаются отъ циркуляціи атмосферныхъ водъ въ породахъ съ каменною солью. Эта соль легче другихъ растворима въ водѣ.



Чер. 120. Сталагмиты Ангелекской пещеры въ Венгріи.

Массы соли, которыя выносятся этими источниками, считаются ежедневно тысячами тоннъ. Напримѣръ, въ Пруссіи, воды Галле даютъ ежегодно 10000 тоннъ, въ Галлейнѣ на N склонѣ Зальцбургскихъ Альпъ — 15.000 тоннъ; въ Новгородской, Псковской, Вологодской, Пермской и другихъ губерніяхъ ежегодно выдѣляется до 1.000.000 тоннъ соли.

Концентрація солей, растворяемыхъ водою внутри земли, можетъ происходить въ готовыхъ уже трещинахъ, еще до выхода источника на поверхность, или же въ предварительно вы-

мытыхъ водою пустотахъ, и тѣмъ самымъ вести къ самому разнообразному строенію рудныхъ жилъ, тогда какъ выносы рудъ и туфовъ на поверхность вліяютъ на рельефъ мѣстности, хотя и не на большомъ пространствѣ.

Вліяніе источниковъ на рельефъ выражается еще и другимъ путемъ. Ближайшимъ слѣдствіемъ выщелачиванія породъ является пещеры, провалы, оползни, обвалы, — явленія деформирующія поверхность и нарушающія залеганія пластовъ.

Пещерами называются болѣе или менѣе обширныя пространства земли, совсѣмъ пустыя или частью наполненныя водою, известковыми туфами и разными наносами. Область распространенія пещеръ совпадаетъ съ областями наиболѣе растворимыхъ породъ (залежей каменной соли, гипса, известняковъ). Напримѣръ, въ Нижегородской губерніи имѣется нѣсколько пещеръ въ гипсовыхъ залежахъ, въ Крыму — въ известковыхъ породахъ и т. п. Во всѣхъ частяхъ стараго и новаго Свѣта извѣстно много пещеръ, но особенно большая въ Кентукки, по Зеленой рѣкѣ, между городами Луизвилль и Нешвиль, съ этажами на глубинахъ и наибольшею высотою до 15 саж., простирается въ общемъ на протяженіи 250 верстъ.

Нѣкоторыя известковыя пещеры представляютъ особаго рода украшенія сталактиты (чер. 119) и сталагмиты (чер. 120). Сталактиты — это потоки углекислаго кальція, выдѣляющагося на потолкѣ пещеры, висящіе въ видѣ ледяныхъ сосулекъ, а сталагмиты — тѣ же образованія только на днѣ. Тѣ и другія пористыя и, соединяясь иногда, образуютъ колонны, раздѣляющія пещеры.

При разростаніи пещеры потолокъ можетъ не выдержать и произойдетъ провалъ. Такіе провалы въ видѣ воронкообразныхъ углубленій можно встрѣтить особенно въ мѣстахъ, богатыхъ известняками, подстилающими рыхлыя наносныя породы. Провалы наполняются иногда водою и превращаются въ озера. Существованіе провальныхъ озеръ извѣстно во многихъ мѣстахъ Россіи, преимущественно на Сѣверѣ, гдѣ эти озера

часто соединены между собою протоками, иногда высыхаютъ, а затѣмъ вновь появляются. Если провалъ совершается глубоко въ пластахъ, то является землетрясеніе, которое въ свою очередь можетъ вызвать новые провалы.

Оползни представляютъ явленіе болѣе или менѣе медленнаго сползанія пластовъ. Если при наклонномъ залеганіи пластовъ, они подстилаются водоносною глиною, то дѣйствіемъ воды глина размягчается, а вышележащіе слои теряютъ опору и ползутъ внизъ. Оползни встрѣчаются по берегамъ рѣкъ и морей.

Чер. 121 a). Соколовая гора вблизи Саратова.

На берегу Волги это явленіе весьма обычное. Въ 1884 году, у Саратова, на склонѣ Соколовой горы, оползень произвелъ большія разрушенія и измѣненіе очертанія дороги; масса сползшей земли достигала $^1/_2$ версты въ длину и 20 саж. высоты (чер. 121 a) и b). Также на берегу Чернаго моря, близъ Одессы, оползни случаются довольно часто.

Если пласты падаютъ круто и склоны горъ обрываются, и изъ обрыва вытекаютъ ключи, то нижележащіе слои подмываются, и верхніе слои опрокидываются и образуютъ явленіе обвала. Для примѣра можно указать на обвалы у Па-де-Кале, гдѣ берега состоятъ изъ мѣла, лежащаго на слояхъ песка и

глины, но чаще всего, и самое обыкновенное явленіе обваловъ,— это въ горахъ. Здѣсь это явленіе принимаетъ грандіозные размѣры. Въ 1806 году въ Швейцаріи, у Гольдау, послѣ сильныхъ дождей, масса земли, въ 150 саж. шириною, 14 с. толщины и около 1 версты длины, отдѣлилась отъ горы Росбергъ и упала въ долину, гдѣ засыпала нѣсколько деревень съ лугами. Не менѣе страшный обвалъ произошелъ въ Тиролѣ въ 1882 г., въ группѣ Бента, состоящей изъ многочисленныхъ призматическихъ

Чер. 121 b). Паденіе восточнаго края Соколовой горы въ 1884 г.

скалъ слоистаго строенія, при чемъ слои расположены наклонно; одна изъ такихъ скалъ, высотою около 200 саж., соскользнула въ долину, которая тянется отъ Брента Альта къ Бокка-ди-Брента, и превратилась въ массу щебня.

Дождевыя воды. Переходя отъ дѣйствія подземныхъ водъ къ водамъ текущимъ на поверхности земли, мы прежде всего остановимся на дождевыхъ водахъ. Вода, выпадающая въ видѣ дождя, дѣйствуетъ на породы механически ударами капель и сносомъ своими потоками матеріала съ возвышенныхъ мѣстъ

въ низменныя. Хотя и существуетъ поговорка „капля по каплѣ камень долбитъ“, но твердыя породы мало поддаются размывающему дѣйствію дождей, по крайней мѣрѣ въ меньшей степени, нежели вліянію вывѣтриванія. Только, въ случаѣ, если потоки дождя устремляются съ такою силою, что уносятъ съ собою обломки твердыхъ породъ, эти потоки въ состояніи размывать даже самыя твердыя породы. Другое дѣло рыхлыя горныя по-

Чер. 122. Земляные столбы близъ Боцена (Австрія).

роды, разнороднаго состава, и съ различною цементировкою отдѣльныхъ составныхъ частей. Капли дождя, и особенно потоки, разрабатываютъ такія породы, удаляя прежде всего мелкозернистый, слабо цементированный, матеріалъ. Если рыхлыя породы перемѣшаны съ твердыми, то, послѣ размыва рыхлыхъ, уцѣлѣвшія твердыя могутъ представить самыя разнообразныя формы, въ видѣ отдѣльно стоящихъ столбовъ, пирамидъ и т. п., какъ это видно на чер. 122, представляющемъ остатки размы-

нія глины, прикрытые гранитными и порфирными глыбами и облѣпленные множествомъ мелкихъ камней, сообщающихъ своеобразную пестроту всей картинѣ.

Всего энергичнѣе размываніе дождями идетъ въ горныхъ безлѣсныхъ странахъ, во время сильныхъ продолжительныхъ дождей; тогда и ничтожные ручейки переполняются водою и

Чер. 123. Загородки, устроенныя во франц. Альпахъ (по Зекендорфу).

образуютъ мощные потоки, которыми завершается разрушеніе, ранѣе еще подготовленное атмосферными дѣятелями. Такими потоками уносится огромное количество ила и щебня, которыми загромождаются иногда русла рѣкъ и останавливается ихъ теченіе, отчего воды ихъ скопляются въ плотинныя озера; послѣднія могутъ сразу прорваться, и тогда скопившіяся воды съ огромною силою устремляются въ долину, уничтожая все на

своемъ пути. Для ослабленія гибельныхъ послѣдствій отъ внезапныхъ горныхъ потоковъ устраиваютъ по линіи потоковъ рядъ каменныхъ плотинъ, которыя останавливаютъ потокъ и задерживаютъ щебень; между плотинами дѣлаютъ затѣмъ мелкія живыя изгороди, въ то же время защищаютъ долину кустарникомъ и разводятъ лѣсъ на склонахъ горъ (чер. 123). Но дожди и сильные ливни разрушаютъ почву и равнинъ, особенно въ степяхъ, со склонами въ одну какую либо сторону и со слабымъ

Чер. 124. Нижняя часть оврага «Средній» близъ с. Жерновца.

верхнимъ покровомъ почвы, какъ, напримѣръ, въ южной Россіи, гдѣ черноземъ налегаетъ на пласты песчанистой глины. При такихъ условіяхъ размываніе ведетъ къ особымъ формамъ рельефа, извѣстныхъ подъ именемъ овраговъ и балокъ. Хотя на эти образованія вліяютъ особенно весенніе бурные потоки, происходящіе отъ таянія снѣговъ, но въ значительной мѣрѣ они подготовляются и лѣтними ливнями. Лѣтомъ, подъ вліяніемъ жары и сухости воздуха, почва трескается; при первомъ же ливнѣ потоки воды, направляясь вдоль трещины, размываютъ ее, унося размы-

тый матеріалъ въ рѣки. Размытая трещина съ теченіемъ времени превращается въ оврагъ. Въ дальнѣйшемъ идетъ размываніе крутыхъ склоновъ оврага и, если такой процессъ длится продолжительное время, то можетъ получиться оврагъ съ совершенно отлогими боками; такой оврагъ называютъ балкою. Въ Донецкомъ и въ Волжскомъ бассейнахъ встрѣчаются овраги въ нѣсколько десятковъ саженъ глубины; главные изъ нихъ направляются къ водораздѣльной линіи и, развѣтвляясь на множество мелкихъ овраговъ, образуютъ при таяніи снѣговъ цѣлую рѣчную систему. Для примѣра даемъ здѣсь (чер. 124) рисунокъ огромнаго типичнаго оврага въ верховьяхъ р. Оки, близъ с. Жерновецъ, извѣстнаго подъ именемъ „Средній“; оврагъ находится въ полной силѣ своего развитія. Онъ имѣетъ видъ горнаго ущелья, бока котораго спускаются почти отвѣсно. Въ нижней части оврага породы промыты на значительную глубину. Подъ лёссомъ обнажаются мощныя отложенія песковъ и легко разрушающихся рыхлыхъ песчаниковъ. Количество песка, вымываемаго изъ оврага. такъ велико, что онъ покрываетъ дно долины р. Ракитни на протяженіи около 2 верстъ [20]).

Овраги представляютъ первую стадію въ развитіи долинъ. Они встрѣчаются во многихъ странахъ: въ Испаніи богатъ оврагами бассейнъ Гвадалквивира, въ Сѣв. Америкѣ ими изрѣзаны мѣстами Иллинойсъ, Айова, Алабама; въ Азіи, въ областяхъ развитія лёссовыхъ отложеній, въ нѣкоторыхъ провинціяхъ Китая и въ Туркестанѣ, овраги встрѣчаются также въ большихъ размѣрахъ, иногда глубиною до 1300 ф.

При образованіи овраговъ въ черноземной мѣстности разрушается и сносится самый плодородный слой почвы, почему въ интересахъ земледѣлія слѣдуетъ бороться противъ развитія овраговъ, закрѣпляя ихъ бока, вершины, и разводя въ нихъ растительность. Запрудою балокъ въ тоже время можно пользоваться для устройства водохранилищъ и бассейновъ, для искусственнаго орошенія полей.

Рѣчныя воды. Рѣчныя воды, понимая подъ этимъ именемъ вообще постоянныя текущія воды на сушѣ, проявляютъ свою дѣятельность, подобно подземнымъ водамъ, какъ въ размываніи, такъ и въ переносѣ и отложеніи несомаго матеріала на болѣе или менѣе значительномъ разстояніи отъ мѣста размыва. Разница между дѣйствіями рѣчныхъ водъ и подземныхъ главнымъ образомъ заключается въ томъ, что вліяніе подземныхъ водъ выражается преимущественно въ химическихъ процессахъ, въ выщелачиваніи породъ, тогда какъ рѣчныя воды производятъ измѣненія на поверхности земли механическими процессами.

Размывающее дѣйствіе рѣки зависитъ отъ скорости ея теченія (или высоты паденія) и отъ количества воды, измѣненія же въ берегахъ и руслѣ, производимыя размываніемъ — отъ твердости составляющихъ ихъ породъ. Наибольшее размываніе имѣетъ мѣсто въ рыхлыхъ породахъ, при большой скорости теченія. Такъ какъ скорость теченія обыкновенно въ разныхъ мѣстахъ и даже на томъ же поперечномъ сѣченіи рѣки различная, также какъ неодинаковъ и составъ породъ, то и результаты размывающей дѣятельности рѣки на всемъ протяженіи ея неодинаковы.

При разсмотрѣніи дѣятельности рѣкъ необходимо имѣть въ виду измѣненія уровня водъ, вслѣдствіе измѣненій метеорологическихъ условій, и отклоненія теченія рѣки, подъ вліяніемъ вращенія земли около оси. Въ каждой рѣкѣ уровень воды въ теченіе года мѣняется въ зависимости отъ прибыли атмосферныхъ осадковъ: онъ повышается въ дождливое и падаетъ въ сухое время года. Также случаются и годы съ особенно высокою водою и годы съ низкимъ уровнемъ. Вслѣдствіе колебаній уровня, какъ область разрушенія, такъ и область отложенія осадковъ въ рѣкахъ расширяется.

Подъ вліяніемъ же вращенія земли около оси теченіе рѣкъ въ сѣверномъ полушаріи отклоняется вправо, а въ южномъ — влѣво, отчего въ сѣверномъ полушаріи является въ рѣкахъ при-

жиманіе водъ къ правому берегу, и слѣдовательно подмываніе его, и въ то же время отступленіе водъ отъ лѣваго берега; въ южномъ полушаріи явленіе имѣетъ противоположный характеръ. Это явленіе, объясненное впервые нашимъ акад. Бэромъ и извѣстное подъ именемъ закона Бэра, было приписываемо имъ лишь для рѣкъ, имѣющихъ меридіональное направленіе; но такъ какъ вращательная сила земли производитъ отклоненіе въ движеніи тѣлъ на земной поверхности по какому-бы направленію они ни двигались, по меридіану или параллели, то поэтому вышеупомянутое отклоненіе рѣчныхъ водъ нужно признать общимъ закономъ для всѣхъ рѣкъ.

Отклоненіе рѣкъ, вправо въ сѣверномъ полушаріи и влѣво въ южномъ, производитъ измѣненіе русла рѣкъ и образованіе обширныхъ заливныхъ долинъ. Напр. на р. Волгѣ, правый, нагорный, берегъ подмывается, а лѣвый отступаетъ и увеличиваетъ заливную долину.

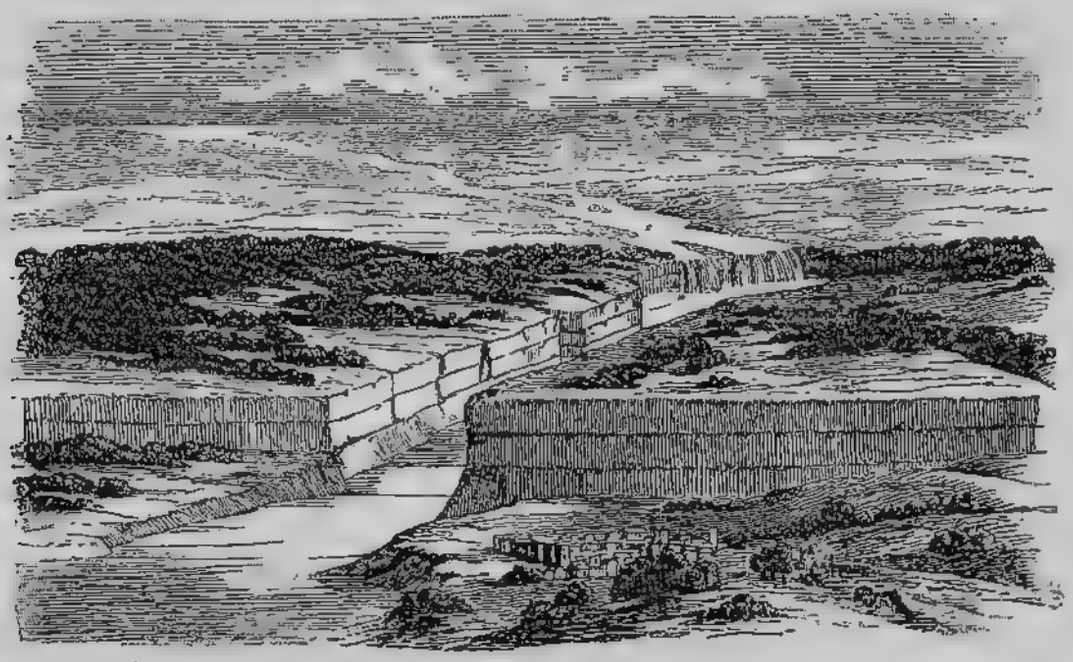
Вмѣстѣ съ размываніемъ, рѣка несетъ по теченію не только собственный ею размытый матеріалъ, но и матеріалъ, доставленный дождевыми потоками со стороны; треніемъ несомаго матеріала о бока и ложе размываніе усиливается, а тамъ, гдѣ теченіе не въ состояніи передвигать этотъ матеріалъ, онъ отлагается, образуя приростъ берега или придонныя отмели. Соотношеніе между размываніемъ и отложеніемъ въ разныхъ частяхъ рѣки можетъ быть различное, но вообще можно сказать, что въ рѣкахъ, вытекающихъ съ горъ и переходящихъ постепенно въ равнину, въ верхнихъ частяхъ преобладаетъ размываніе, а въ нижнихъ — отложеніе наносовъ, такъ что въ результатѣ получается уравненіе наклона русла. Размываніе въ верховьи такой рѣки главнымъ образомъ дѣйствуетъ на дно, а въ нижней пологой части — на бока, поэтому долина низовья расширяется, а верховья углубляются и превращаются въ ущелье. Въ тѣснинѣ Лихтенштейна (въ Понгау), откуда выходитъ Гроссъ-Арльбахъ въ долину Зальцаха (чер. 125), бока подымаются до 150 саж. надъ уровнемъ воды и однимъ своимъ видомъ уже доказываютъ, что

ручей нѣкогда протекалъ на болѣе высокомъ уровнѣ и что дно его было углублено лишь постепенно. Со временемъ въ подобныхъ ущельяхъ, подъ вліяніемъ вывѣтриванія и смывающей силы дождей, отвѣсныя стѣны получаютъ постепенно уклонъ. Вмѣстѣ съ разработкою ущелья, передвигается вверхъ граница между болѣе крутою и болѣе пологою частями рѣчной долины

Чер. 125. Ущелье Лихтенштейна близъ Св. Іоганна въ Понгау.

и, наконецъ, она достигаетъ гребня водораздѣла, который также начинаетъ разрушаться и понижаться, что въ свою очередь можетъ повести къ измѣненію и даже сліянію системъ разныхъ рѣкъ. Такимъ образомъ работою рѣки расширяется долина въ стороны и вверхъ и понижается водораздѣлъ, и этимъ путемъ объясняется и происхожденіе глубокихъ поперечныхъ долинъ,

прорѣзывающихъ самыя твердыя породы. Если представимъ себѣ складчатую горную цѣпь, то наибольшій наклонъ почвы имѣетъ мѣсто отъ гребня складки къ подножію, и потому въ этомъ направленіи рѣчныя воды пріобрѣтаютъ наибольшую силу и легче себѣ прорѣзываютъ ложе, несмотря иногда на значительное сопротивленіе, оказываемое пластами. Въ этомъ отношеніи большое значеніе имѣютъ водопады, изъ которыхъ наиболѣе извѣстенъ Ніагарскій водопадъ, между озерами Эри и Онтаріо (чер. 126).

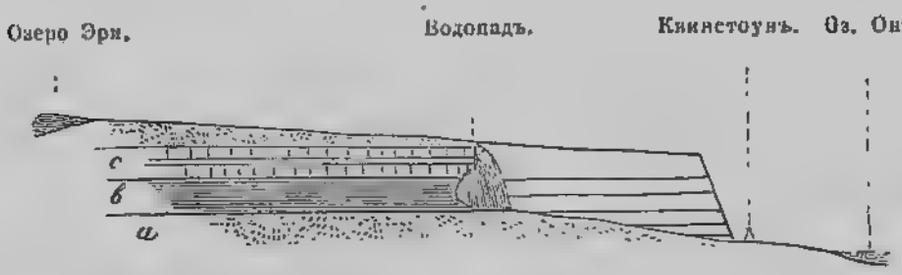


Чер. 126. Общій видъ Ніагарскаго водопада.

Дно рѣки Ніагары до мѣста водопада имѣетъ небольшой склонъ и рѣка течетъ спокойно, но затѣмъ она падаетъ съ высоты 25 саж. въ пропасть, и на протяженіи 11 верстъ стремится съ громадной скоростью по узкому ущелью, оканчивающемуся вблизи Квинстоуна (чер. 127). Отсюда уже Ніагара выходитъ въ плоскую страну, лежащую почти на одномъ уровнѣ съ озеромъ Онтаріо. Геологическія изслѣдованія показываютъ, что водопадъ прежде находился у Квинстоуна, но съ теченіемъ времени придвигался все болѣе и болѣе къ озеру Эри; причину

такого движенія видятъ въ томъ, что водопадъ, низвергаясь съ толщъ известняка, встрѣчаетъ ниже рыхлыя породы, песчаникъ и рухлякъ, и размываетъ ихъ, а известнякъ, не находя себѣ опоры, обрушивается. Такимъ путемъ и образовалось упомянутое узкое ущелье.

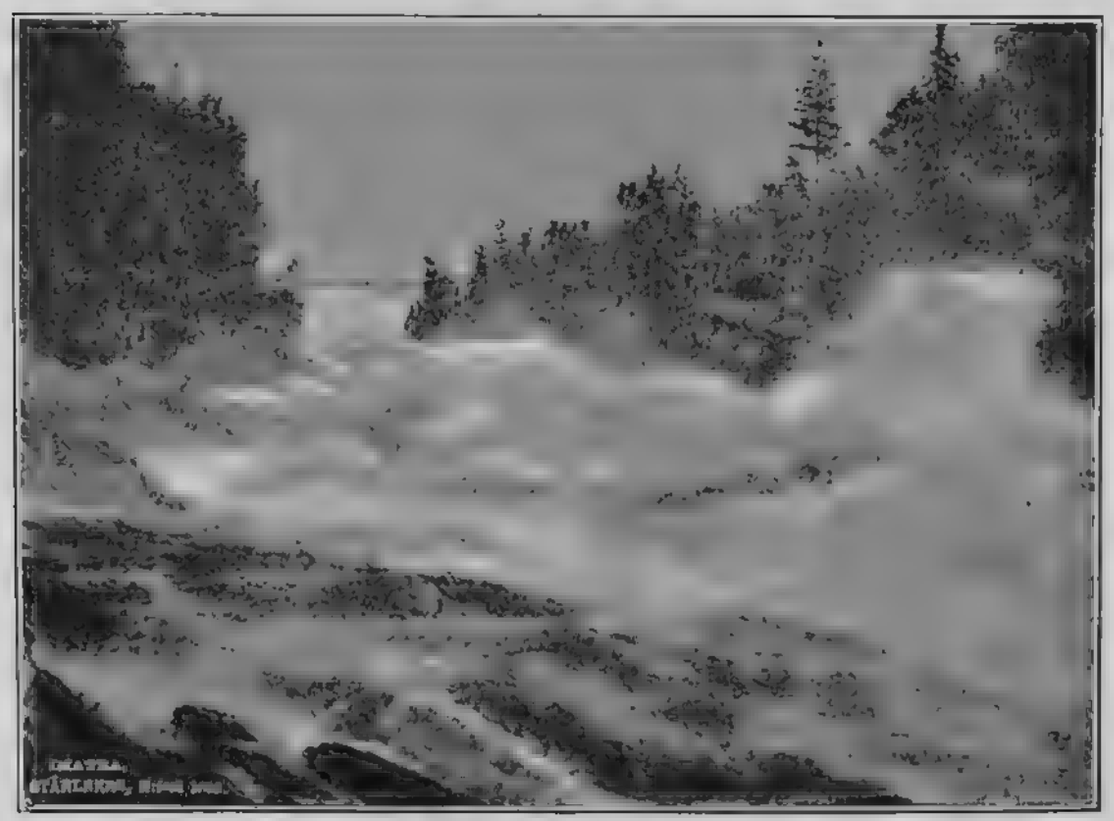
Сравненіе съемокъ водопада, въ 1842 и въ 1890 г., показало, что восточная часть водопада отступала въ годъ въ среднемъ на 2,2 фута, а западная на 0,6 ф. Если принять, что отступаніе и въ прежнія времена совершалось съ такою же скоростью, то выходитъ, что для образованія вышеупомянутаго ущелья потребовалось не менѣе 17 т. лѣтъ. Силу Ніагарскаго водопада исчисляютъ въ $6^1/_2$ мил. лош. силъ.



Чер. 127. Разрѣзъ Ніагарскаго водопада. a — песчаникъ, b — рухлякъ, c — известнякъ.

Не только мягкія породы разрушаются водопадами, но и такія твердыя, какъ гранитъ и гнейсъ. Примѣрами этого могутъ служить правильныя цилиндрическія углубленія, такъ называемые исполиновые котлы, наблюдаемые въ нѣкоторыхъ рѣчныхъ водопадахъ и между прочимъ въ гнейсовомъ ложѣ р. Вуоксы (Финляндія), которая по выходѣ изъ оз. Саймы падаетъ уступами съ высоты около 7 саж., на протяженіи слишкомъ 140 саж., и образуетъ извѣстный водопадъ Иматру (чер. 128). Котлы здѣсь встрѣчаются различной величины, мѣстами до 7 футъ въ діаметрѣ (чер. 129). Подобныя образованія объясняютъ себѣ тѣмъ, что падающая вода, встрѣчая на пути обломки твердыхъ породъ, приводитъ ихъ во вращательное движеніе и сверлитъ дно.

Послѣ Иматры, въ Россіи наиболѣе извѣстенъ Нарвскій водопадъ, въ 11 верстахъ отъ впаденія р. Наровы въ Финскій заливъ и вблизи желѣзнодорожнаго моста у г. Нарвы (чер. 130). Высота паденія 3,3 саж. и сила его исчисляется въ 100 т. лош. силъ. Этотъ водопадъ также образуетъ въ ложѣ рѣки ямы глубиною до 5 футъ.

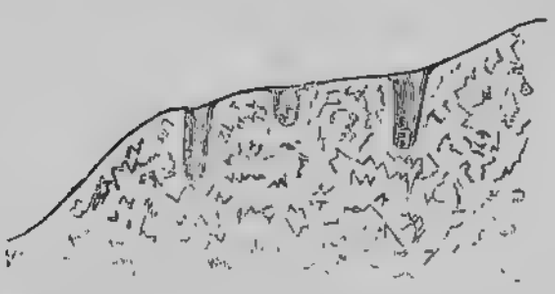


Чер. 128. Водопадъ Иматра.

Относительно отступанія Иматры и Нарвскаго водопада не имѣется измѣреній, подобныхъ Ніагарскимъ, но геологическія данныя указываютъ, что и эти водопады отступаютъ, особенно Нарвскій водопадъ, такъ что по истеченіи огромнаго промежутка времени онъ можетъ достигнуть Чудскаго озера, излить большую часть его воды въ Финскій заливъ, и соединить р. Нарову съ р. Великою.

Перейдемъ теперь къ другому геологическому дѣйствію рѣкъ — къ отложенію и накопленію рѣчныхъ осадковъ.

Твердый матеріалъ, находящійся въ рѣчной водѣ въ взвѣшенномъ состояніи, уносится по теченію въ болѣе низменныя мѣста, и частью отлагается по пути въ самомъ ложѣ рѣки и скопляется тамъ мѣстами въ переносныя отмели, а частью достигаетъ устья рѣки. Чѣмъ больше скорость рѣки, тѣмъ и больше матеріала можетъ быть въ ней въ взвѣшенномъ состояніи, при чемъ количество матеріала зависитъ также и отъ свойства породъ рѣчного ложа. Такъ какъ скорость рѣки различна въ разныхъ частяхъ ея, то и отложеніе матеріала на протяженіи русла происходитъ различно. Въ устьѣ рѣки скорость большею частью доходитъ до нуля, и здѣсь происходитъ отложеніе послѣдняго несомаго рѣкою матеріала. Для рѣкъ, впадающихъ въ море, встрѣча съ морскою водою ускоряетъ отложеніе, такъ какъ соленая вода имѣетъ свойство осаживать муть [21]).



Чер. 129. Котлы въ твердыхъ породахъ.

Количество матеріала выносимаго большими рѣками вообще громадно; напр. р. Желтая, занимающая едва ли не первое мѣсто въ свѣтѣ по богатству осадковъ, выноситъ ежегодно около 50 мил. куб. саж. твердыхъ частицъ.

Въ широкихъ устьяхъ, тамъ, гдѣ не препятствуетъ размывающая дѣятельность моря, матеріалъ отлагается въ самомъ устьѣ и образуетъ острова, такъ что рѣка дѣлится на рукава, которые впослѣдствіи претерпѣваютъ также различныя измѣненія. Возникшій островъ, или цѣлая серія острововъ, вслѣдствіе ихъ треугольной формы, имѣютъ сходство съ греческою буквою Δ, отчего такіе острова называютъ дельтою. Дельтовыя образованія представляютъ обыкновенно низменныя, болотистыя, иногда песчаныя, а иногда даже залитыя водою мѣстности; въ послѣднемъ случаѣ дельта будетъ подводная.

Дельты могутъ занимать чрезвычайно обширныя простран-

ства и, постоянно увеличивалсь, оказываютъ большое вліяніе на измѣненіе въ очертаніяхъ береговъ морей. Особенно замѣчательны дельты рр. По, Нила, Миссиссипи, Ганга, Рейна, Лены.

О древности дельтъ и наростаніи не имѣется точныхъ данныхъ. О наростаніи напр. дельты р. По (чер. 131) можно судить по тому, что г. Адріа, основанный въ устьѣ р. По при Императорѣ Августѣ, отстоитъ теперь отъ устья болѣе, чѣмъ на 30

Чер. 130. Нарвскій водопадъ.

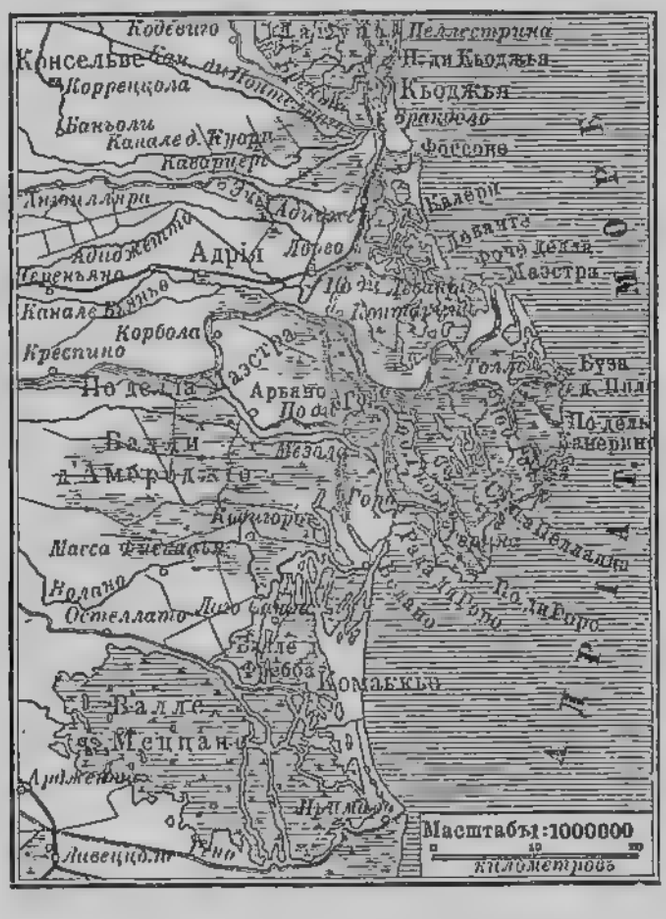
верстъ. Ежегодное приращеніе этой дельты считаютъ съ XIII по XVII стол. до 12 саж., а въ новѣйшее время около 35 саж.

Дельта рѣки Нила увеличивается медленно, потому что рѣка ежегодно разливается и оставляетъ большую часть своего ила по берегамъ своимъ. Считаютъ, что для образованія этой дельты понадобилось 75 тысячъ лѣтъ.

Рѣка Нева также образуетъ обширную дельту, въ которой острова увеличиваются изъ года въ годъ. Вычисленіе прироста дельты р. Невы показываетъ, что для образованія этой дельты потребовалось слишкомъ 900 лѣтъ; если отложеніе осадковъ

Невою будетъ идти также и дальше, то черезъ 3320 лѣтъ Нева будетъ вытекать уже около Кронштадта.

У рѣкъ, впадающихъ въ моря, гдѣ есть приливы и отливы, также бываютъ дельты, но онѣ здѣсь растутъ вообще весьма медленно, такъ какъ дѣйствіемъ отливовъ часть осадковъ уносится въ море и равномѣрнѣе распредѣляется по берегамъ.



Чер. 131. Дельта р. По.

Дельта р. Миссисипи, имѣющая теперь около 44 геогр. миль длины и 34 ширины, по вычисленіямъ Кледена, потребовала для своего образованія 33 тысячи лѣтъ, а по вычисленіямъ другихъ и болѣе 100 тысячъ лѣтъ.

Многія изслѣдованія надъ дельтами показали, что не одни осадки рѣкъ играютъ роль въ образованіи дельтъ, но и другія есть причины, не менѣе важныя, такъ какъ дельты замѣчаются не во всѣхъ рѣкахъ.

Въ общемъ образованіе и увеличеніе дельтъ обусловливается слѣдующими факторами: 1) Количествомъ осадковъ, и скоростью рѣки. 2) Глубиною моря передъ устьемъ рѣки. 3) Дѣятельностью моря, проявляющеюся въ силѣ волнъ и въ приливахъ. 4) Измѣненіемъ морского уровня, т. е. поднятіемъ или опусканіемъ материка, обусловливающихъ контуръ береговъ.

По мнѣнію Креднера, количество осадковъ и скорость рѣки — первое главнѣйшее условіе для образованія дельты; второе же главное условіе, это — поднятіе или опусканіе береговъ. Дѣйствительно, географическое распредѣленіе дельтъ показываетъ, что онѣ вездѣ развиваются тамъ, гдѣ берега находятся въ медленномъ вѣковомъ поднятіи. Если берега опускаются, то дельты не образуются, а тѣ дельтовыя образованія, которыя произошли раньше, скрываются подъ водою, образуя банки и мели. Однако нельзя пренебрегать приливами тамъ, гдѣ это явленіе достигаетъ большой силы; сильныя приливо-отливныя теченія въ устьѣ промываютъ послѣднее до самаго дна и рѣчныя осадки могутъ отлагаться только внѣ устья. Устья такихъ рѣкъ превращаются въ широкія гавани — эстуаріи, изъ которыхъ наибольшая въ мірѣ у устья р. Ла-Платы. Наносами рѣкъ создаются, кромѣ дельтъ, еще бары.

Баръ представляетъ подводную песчаную мель, изогнутую поперекъ рѣки въ формѣ полумѣсяца, и составляетъ часто большую преграду для судоходства, не дозволяя входить большимъ судамъ въ рѣки. Причины образованія бара чрезвычайно сложны. По Кледену баръ происходитъ слѣдующимъ образомъ: при внезапной встрѣчѣ теченія рѣки съ волною, идущею съ моря, осадки, несомые рѣкою, осаждаются на дно; рѣчная вода затѣмъ, какъ болѣе легкая, продолжаетъ течь по поверхности къ морю, а морская вода образуетъ нижнее теченіе къ рѣкѣ и этимъ подхватываетъ опускающіяся землистыя частицы и уноситъ ихъ назадъ къ берегу, болѣе же тяжелыя частицы падаютъ на дно моря. Наносы, постепенно скопляясь, образуютъ баръ, а между баромъ и берегомъ отлагается илъ,

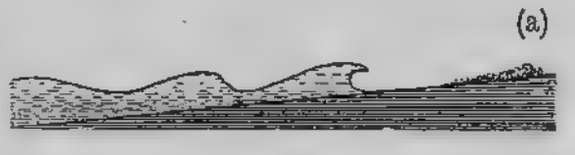
относимый приливомъ обратно въ рѣку. Во время разлива, отъ усиленія теченія рѣки, баръ выдвигается далѣе въ море, въ періодъ же мелководья, баръ передвигается въ обратномъ направленіи. Проф. Туле, основываясь на опытахъ надъ свойствомъ соленой воды осаживать муть, связываетъ образованіе бара, равно какъ и увеличеніе дельты, со встрѣчею теченія рѣки съ морскою водою, которая должна осаждать на дно твердыя рѣчныя частицы, и въ примѣръ приводитъ дельту и бары р. Миссиссипи. Во время половодья теченіе рѣки сильно, но при встрѣчѣ съ морскою водою тотчасъ осаждаются на дно болѣе крупныя частицы, несомыя рѣчнымъ теченіемъ, образуя такъ называемые внѣшніе бары, мелкія же частички уносятся далѣе, осаждаясь на краяхъ рѣчной струи и увеличивая этимъ дельту. При маловодьи теченіе слабо, и по дну рѣчнаго русла вклинивается слой морской воды, подымающійся выше дельты; на предѣлѣ его происходитъ ускоренное осажденіе твердаго рѣчнаго матеріала, образуя внутренніе бары; послѣдніе при наступленіи половодья размываются, и матеріалъ ихъ уносится къ внѣшнему бару и дельтѣ. Такимъ образомъ увеличеніе дельты происходитъ только при половодьи и сильномъ теченіи. Иногда баръ исключительно обязанъ своимъ происхожденіемъ морю. На днѣ Адура (во Франціи) вездѣ грунтъ содержитъ только илъ и мелкій песокъ, тогда какъ баръ состоитъ изъ крупнаго песка и гравія, принесенныхъ волнами и теченіемъ со скалистыхъ береговъ Испаніи.

Наконецъ, наносная дѣятельность рѣкъ вліяетъ на озера. Подъ вліяніемъ наносовъ озеро мало по малу засоряется, уменьшается въ объемѣ и зарастаетъ по краямъ, а иногда на озерѣ образуются подвижные плавающіе островки. Если озеро не имѣетъ истока, которымъ можетъ уноситься часть наносовъ, то въ концѣ концовъ все озеро превращается въ болото и зарастаетъ.

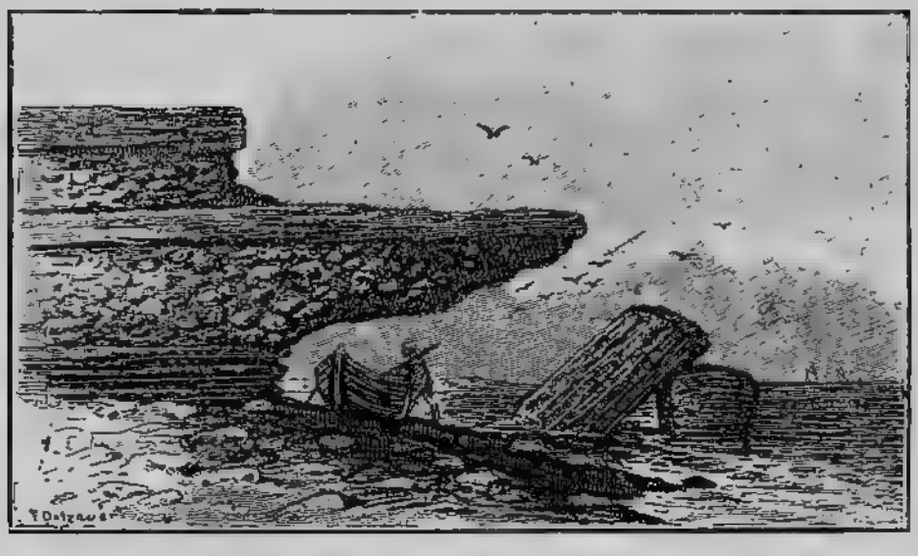
Морскія воды вліяютъ на измѣненія береговъ черезъ посредство волнъ, колебаній уровня и теченій, при чемъ вспомога-

тельными дѣятелями являются также химическая и растворяющая способность морской воды, дѣятельность организмовъ и, наконецъ, въ моряхъ замерзающихъ — ледъ.

Прибой волнъ выражается не одинаково на отлогомъ и крутомъ берегу. На отлогомъ берегу волны вкатываются на берегъ, увлекая за собою песокъ и гальки, а при возвратахъ волнъ этотъ матеріалъ опять передвигается къ морю, но встрѣчными волнами останавливается и образуетъ родъ вала (чер. 132). Песчаные валы различныхъ размѣровъ образуются указаннымъ путемъ и подъ водою. Такимъ образомъ на отлогихъ берегахъ идетъ большею частью лишь перекатываніе матеріала, а разрушеніе прибрежья вообще ничтожное. Но въ исключительныхъ случаяхъ, при штормѣ съ моря во время сизигійныхъ



Чер. 132. Прибой и береговой валъ (a).

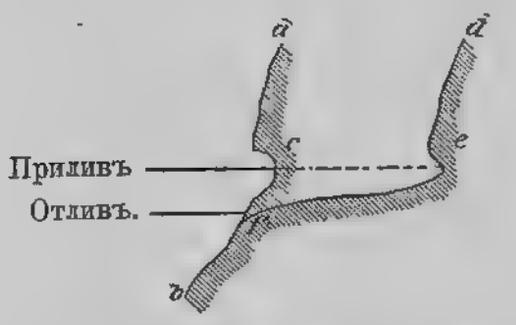


Чер. 133. Морской берегъ Херревика на Готландѣ (по Линдстрему).

приливовъ, волны заливаютъ берегъ на огромное пространство, и тогда разрушительная сила прибоя и на отлогихъ берегахъ производитъ большія измѣненія. Наиболѣе поучительнымъ примѣромъ въ этомъ отношеніи являются разрушенія на берегахъ

Голландіи, заставившія жителей прибѣгнуть для защиты берега къ устройству искусственныхъ плотинъ.

Если волны встрѣчаютъ крутой берегъ, то ударами онѣ разрушаютъ его болѣе или менѣе, въ зависимости отъ рыхлости породъ, при чемъ разрушеніе распространяется до высоты взбросовъ волны. Если на линіи прибоя встрѣчаются рыхлыя породы, то онѣ легко вымываются, и верхніе пласты образуютъ родъ навѣса (чер. 133); съ теченіемъ времени навѣсъ теряетъ опору и обрушивается, и такимъ путемъ разрушеніе подвигается все далѣе и далѣе, хотя процессъ разрушенія идетъ медленно, благодаря тому обстоятельству, что нагромождающіеся у подножія берега обломки принимаютъ на себя главные удары волнъ; такіе обломки также раздробляются, и мелкіе кусочки уносятся, но крупные остаются и волнами шлифуются, и, въ концѣ концовъ, получается у крутого берега слабо наклоненная площадка (чер. 134), такъ называемая волноприбойная полоса, по которой вбѣгающія волны теряютъ, вслѣдствіе тренія, значительную часть своей силы и тѣмъ меньше вреда приносятъ берегу.

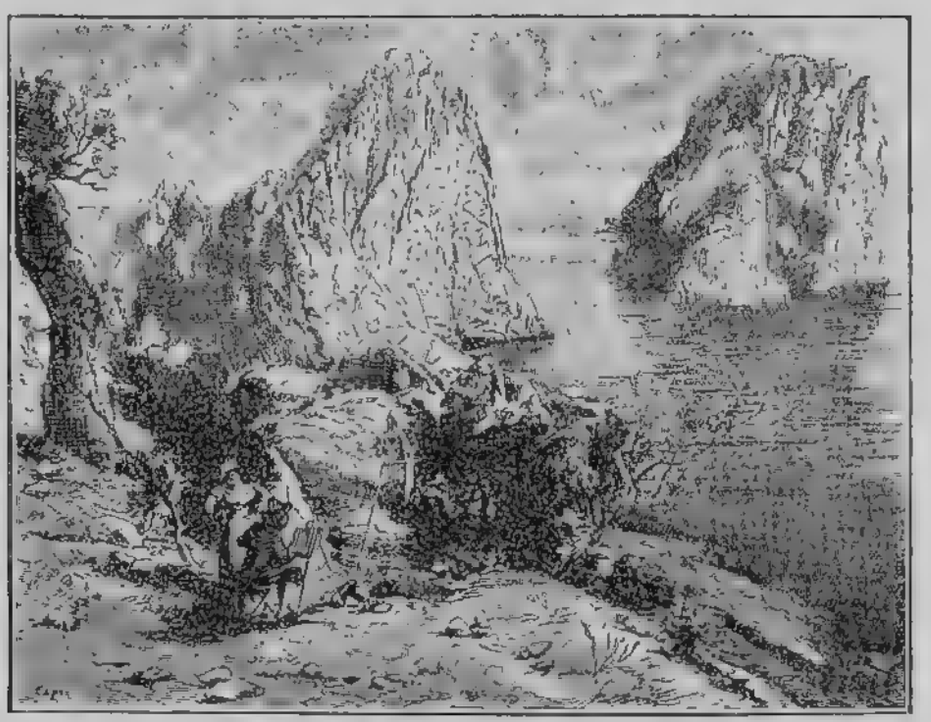


Чер. 134. Преобразованіе крутого берега.

Результатомъ прибоя волнъ можетъ быть самое разнообразное очертаніе крутого берега, въ зависимости отъ расположенія пластовъ и силы сопротивленія породъ ударамъ волнъ. Морской берегъ на о-вѣ Капри (Неаполитанскій заливъ; чер. 135) „Чайковыя или Желѣзныя ворота“ на Медвѣжьемъ островѣ (чер. 136), а также составлявшія нѣкогда одно цѣлое съ берегомъ, а тѣперь стоящія одиноко, скалы у м. Лизарда (чер. 137) и т. п. служатъ хорошею иллюстраціею дѣйствія прибоя.

Примѣры разрушительнаго дѣйствія волнъ можно встрѣтить на всѣхъ открытыхъ прибрежьяхъ, но быстрота разру-

шенія различна; разрушенію болѣе всего подвергаются крутые берега, имѣющіе почти горизонтальное напластованіе изъ легко размываемыхъ и растворяемыхъ породъ, какъ напр. мѣлъ, известнякъ, суглинокъ и т. п. Напр., въ Іоркширѣ, близъ Гольдернесса, крутой берегъ, образованный суглинкомъ, разрушается, на протяженіи 30 м. миль, ежегодно почти на $1\frac{1}{2}$ саж.; мѣловой берегъ Нормандіи — на 1 футъ, у Норфолька — на 1 саж.



Чер. 135. Морской берегъ на островѣ Капри.

Вліяніе колебаній морского уровня выражается тѣмъ, что разрушительная сила волнъ не ограничивается одною линіею, но обнимаетъ собою весь тотъ поясъ по высотѣ, въ предѣлахъ котораго происходятъ поднятіе и опусканіе уровня, какого бы характера ни были эти измѣненія, т. е. кратковременныя, неправильныя или періодическія (приливы и отливы), или же вѣковыя измѣненія. При неизмѣнности уровня, накопляющіеся у подножія крутого берега обломки образуютъ, какъ сказано выше, волноприбойную полосу, которая со време-

немъ расширяется и можетъ остановить дальнѣйшее разрушеніе берега. При кратковременныхъ колебаніяхъ уровня область прибоя расширяется на величину амплитуды колебаній уровня, но важнѣе въ данномъ случаѣ то обстоятельство, что береговыя породы, то обнажаясь отъ воды, то скрываясь подъ уровнемъ, испытываютъ быстрые переходы въ температурѣ и влажности, и способность ихъ сопротивляться разрушительному дѣйствію

Чер. 136. Чайковыя или Желѣзныя ворота на Медвѣжьемъ островѣ (по Норденшельду).

атмосферы ослабѣваетъ, и потому процессъ разрушенія берега идетъ въ такихъ случаяхъ быстрѣе.

Наибольшее значеніе, однако, въ данномъ вопросѣ пріобрѣтаютъ вѣковыя колебанія уровня. Если уровень понижается, то волноприбойная полоса расширяется и принимаетъ затѣмъ видъ террассы или береговой линіи, съ морскими отложеніями, свидѣтельствующей о высокомъ нѣкогда положеніи морского уровня. Если же уровень поднимается, то размываніе распространяется все дальше и дальше въ материкъ, и, при достаточной медлен-

ности поднятія, можетъ разрушить прибрежныя высоты и образовать отлогую равнину.

Теченія моря, вдоль береговъ, проявляютъ геологическую дѣятельность размываніемъ прибрежій и переносомъ матеріала съ одного мѣста въ другое, производя такимъ путемъ перемѣщеніе береговой линіи. Въ процессѣ переноса прибрежнаго матеріала можетъ участвовать и волна, направленная подъ нѣкоторымъ острымъ угломъ къ берегу, но такъ какъ такія волны всегда сопровождаются теченіемъ, то поэтому преобладающая

Чер. 137. Прибрежныя скалы у м. Лизарда.

роль въ этомъ случаѣ принадлежитъ береговымъ теченіямъ моря, роль же волны сводится на поднятіе грунта дна. Теченія въ совокупности съ волнами намываютъ у мелководныхъ прибрежій косы (нѣм. нерунги), при разрастаніи которыхъ отдѣляются отъ моря участки съ соленою водою (лагуны), или, если притокъ прѣсныхъ водъ превышаетъ расходъ,—съ опрѣсненною (гафы), какъ мы видимъ примѣръ этого въ гафахъ Балтійскаго моря (чер. 138 a) и b). Извѣстные на сѣв. берегу Чернаго моря лиманы частью принадлежатъ къ соленымъ бассейнамъ (около Одессы), а частью къ опрѣсненнымъ (Днѣстровскій и Днѣпровско-Бугскій).

Наиболѣе типичныя косы встрѣчаемъ въ Азовскомъ морѣ; всѣ онѣ имѣютъ здѣсь направленіе отъ NE къ SW, соотвѣтственно направленію берегового теченія и волнъ, подъ вліяніемъ господствующихъ NE вѣтровъ. Въ Каспійскомъ морѣ, на восточномъ берегу, благодаря наносамъ берегового теченія, отдѣлился отъ моря заливъ Бектурли-Ишанъ (нынѣ озеро) почти на глазахъ гидрографической экспедиціи шестидесятыхъ годовъ XIX стол. Также постоянное теченіе черезъ Карабугазскій проливъ, при содѣйствіи волнъ Карабугазскаго залива (чер. 139), засоряетъ постепенно устье пролива, образуя цѣлый рядъ отмелей и островковъ, и со временемъ можетъ также отдѣлить совершенно заливъ отъ моря и превратить его въ соленое озеро [22]).

Чер. 138 а). Фришъ-гафъ.

Важную роль въ отложеніяхъ у береговъ играютъ приливо-отливныя теченія. Приливъ приноситъ съ собою илъ, который при остановкѣ прилива начинаетъ отлагаться, такъ что съ отливомъ уносится только часть принесеннаго приливомъ ила, слѣдовательно, съ каждымъ приливо-отливомъ отложенія увеличиваются; такъ, напр., у береговъ Фрисландіи каждый приливъ повышаетъ островки, при чемъ этому повышенію способствуетъ еще растительность, задерживающая приносимый приливами илъ. Приливамъ принадлежитъ однако и размывающая роль, какъ это видимъ въ развитіи обширныхъ устьевыхъ гаваней (эстуаріи); Гамбургъ, Лондонъ представляютъ хорошіе примѣры такихъ гаваней.

Морскія теченія открытаго моря играютъ также нѣкоторую геологическую роль; ими переносятся растительные остатки на огромныя разстоянія (такъ, напр., лѣсъ Японіи прибивается къ берегамъ Гренландіи), но въ геологическомъ отношеніи важнѣе всего то, что теченіями черезъ посредство льдовъ уносятся обломки скалъ съ полярныхъ земель въ болѣе низкія широты и тамъ накопляются въ видѣ банокъ (Ньюфаундлендская банка), и такимъ образомъ идетъ почти безпрерывный сносъ материковаго матеріала съ высшихъ въ низшія широты.

Чер. 138 b). Куришъ-гафъ.

Такимъ образомъ дѣятельность моря по отношенію къ сушѣ ведетъ не только къ разрушенію, но и къ расширенію прибрежій. Въ томъ и другомъ случаѣ принимаютъ участіе и морскіе организмы; камнеточцы, сверлящіе черви, губки и п. разрыхляютъ породы и подготовляютъ ихъ къ болѣе успѣшной дѣятельности волнъ. Съ другой стороны, полипы воздвигаютъ прибрежныя скалы и цѣлые острова и такимъ образомъ содѣйствуютъ созидательной дѣятельности моря (см. ниже острова).

Но какъ бы ни казалась иногда значительною созидательная работа моря, все же перевѣсъ, повидимому, остается на сторонѣ разрушительныхъ его силъ, на что особенно указываетъ большая ширина прибрежнаго пояса грунта морскаго дна, состоящаго почти исключительно изъ матеріала разрушенныхъ береговъ. Можно привести немало примѣровъ разрушенія береговъ моремъ даже изъ недавняго историческаго прошлаго, но

болѣе всего извѣстны и весьма поучительны примѣры въ этомъ отношеніи изъ исторіи прибрежій Нѣмецкаго моря.

Вдоль южнаго побережья, отъ Текселя (у Зюйдерзе) до Эйдера (Шлезвигъ-Гольштейнъ), Плиній насчитывалъ 230 островковъ, но съ тѣхъ поръ море разрушило болѣе 2 сотенъ ихъ. Заливъ Зюйдерзе во время римскаго владычества былъ сушею, за исключеніемъ лишь небольшой южной части, занятой озеромъ Флево, черезъ которое протекалъ Иссель, рукавъ Рейна. Дѣйствіемъ сильныхъ штормовыхъ приливовъ уже къ концу VII столѣтія отдѣлились отъ материка острова, окаймляющіе теперь съ сѣвера Зюйдерзе (Амеланъ и Теръ-Шеллингъ), а еще черезъ пять столѣтій море проникло въ материкъ южнѣе, и, разрушая шагъ за шагомъ участки суши, соединилось, наконецъ, въ 1395 году съ озеромъ Флево, образовавъ такимъ образомъ заливъ Зюйдерзе.

Чер. 139. Карабугазскій заливъ.

Также штормовыми приливами образованы заливы: Яде, въ 1218 г., у Вильгельмсгафена, и Доллартъ, въ 1277 г.; у устья Эмса.

Море отвоевываетъ участки суши, и въ Ютландіи, и по западному берегу Шлезвига. Въ Ютландіи нѣкогда оторванная, при образованіи Лимфіорда, сѣв. часть соединялась съ материкомъ только узкимъ перешейкомъ, но затѣмъ послѣдній нѣсколько разъ прорывался, а въ 1825 г. его окончательно прорвало, и на его мѣстѣ образовался каналъ Аггеръ. Многіе острова у Шлезвига, какъ Сильтъ, Фэръ, Амрумъ, Нордштрандъ и т. д., составляли нѣкогда одно цѣлое съ материкомъ. Нодштрандъ, представлявшій полуостровъ, подъ именемъ Сѣвернаго

Фрисланда, въ 1240 г., вслѣдствіе штормового прилива, покрылся водою и былъ оторванъ отъ материка, раздробившись на нѣсколько островковъ, изъ которыхъ самый большой сталъ извѣстенъ подъ именемъ Нордштранда; въ 1634 г. онъ подвергся вновь наводненію и распался на три острова; въ 1892 г. Нордштрандъ является уже островкомъ, составляющимъ едва $^1/_5$ долю того, который былъ въ 1634 г.

Имѣются также историческія свѣдѣнія и о разрушеніяхъ моремъ Боркума, Гельголанда, и другихъ острововъ юговосточной части Нѣмецкаго моря. Боркумъ былъ разорванъ въ IX столѣтіи на двѣ части, а островъ Гельголандъ, судя по картамъ Кларка для 800 г., 1300 г. и 1649 г., уменьшился съ IX по XIV столѣтіе вчетверо, а въ 1649 г. изъ него осталась только $^1/_4$ часть того, что было въ 1300 г.; теперь Гельголандъ состоитъ изъ двухъ разъединенныхъ проливомъ островковъ, поверхностью всего $^1/_2$ кв. кил., изъ которыхъ одинъ представляетъ равнину постоянно и теперь размываемую прибоемъ волнъ.

Такъ работаетъ неустанно море надъ разрушеніемъ суши, возвращая послѣдней только нѣкоторую долю захваченнаго матеріала, въ видѣ дельтъ, баровъ, прибрежныхъ косъ и т. п.

Ледники. Вода проявляетъ геологическую дѣятельность не только въ жидкомъ, но и твердомъ состояніи. Особенно важна въ этомъ отношеніи дѣятельность ледниковъ.

Въ горахъ снѣгъ на нѣкоторой высотѣ остается круглый годъ, и такія высоты называютъ областью вѣчнаго снѣга, понимая подъ вѣчнымъ снѣгомъ не неизмѣнность самой массы, но лишь постоянное присутствіе снѣгового покрова. Такія области встрѣчаемъ во всѣхъ климатическихъ поясахъ земли: и подъ экваторомъ, въ Андахъ, на высотѣ около 5,4 версты (зап. цѣпь, въ шир. 18° ю.), и въ умѣренномъ поясѣ — въ Гималаяхъ, отъ 4,4 до 5 верстъ, на Кавказѣ на высотѣ около 3,5 верстъ, въ Альпахъ — $2^1/_2$ вер., въ Норвегіи 350—450 саж., на Шпицбергенѣ — 200 саж.; въ полярныхъ странахъ линія

вѣчнаго снѣга спускается мѣстами даже къ уровню моря. Высота области вѣчнаго снѣга, такимъ образомъ, наибольшая вообще въ жаркомъ поясѣ, наименьшая въ полярныхъ странахъ, т. е. какъ-бы зависитъ отъ теплоты климата; но это справедливо только отчасти, такъ какъ, напр., на сѣверномъ склонѣ Гималая вѣчный снѣгъ лежитъ слишкомъ на 400 саж. выше, чѣмъ въ Андахъ на экваторѣ, хотя на Гималаяхъ климатъ холоднѣе. Также на сѣверномъ склонѣ Гималая область вѣчнаго снѣга на $^1/_2$ вер. выше, чѣмъ на южномъ. Можно привести много примѣровъ, гдѣ въ одномъ и томъ-же хребтѣ горъ два противоположные склона имѣютъ область вѣчнаго снѣга на разныхъ высотахъ, но въ этомъ случаѣ мы каждый разъ замѣтимъ, что такіе оба склона отличаются между собою значительно по сухости воздуха и по обилію осадковъ — склонъ болѣе сухой, хотя и съ болѣе холоднымъ климатомъ, имѣетъ вѣчный снѣгъ на большей высотѣ, чѣмъ склонъ съ обильною влагою. Такъ, напримѣръ, сѣверный склонъ Гималая обращенъ къ сухимъ областямъ центральной Азіи и на немъ выпадаетъ такъ мало снѣга, что онъ можетъ сохраниться лѣтомъ только на очень большой высотѣ; южный-же склонъ обращенъ къ Индійскому океану, откуда приносится вѣтрами обильная влага, доставляющая такіе запасы снѣга, что онъ весь не успѣваетъ растаять за лѣто. На Кавказѣ западный склонъ болѣе влажный, чѣмъ восточный, и высота снѣговой линіи на немъ на 250 ф. ниже. Такимъ образомъ, въ высотѣ области вѣчнаго снѣга играетъ роль не только теплота климата, но еще болѣе сухость его.

Въ область вѣчнаго снѣга ежегодно прибываютъ новыя массы, но въ то же время происходитъ и убыль снѣга, подъ вліяніемъ солнечныхъ лучей и теплыхъ вѣтровъ. Кромѣ того, снѣгъ убываетъ на горахъ: 1) падая съ крутыхъ обрывовъ или скатываясь съ нихъ въ долины огромными массами, называемыми лавинами, и 2) образуя по склонамъ долинъ болѣе или менѣе широкіе ледяные потоки, подъ именемъ ледниковъ или

глетчеровъ, медленно стекающихъ въ низменности долинъ туда, гдѣ для растаянія ихъ уже достаточно тепла.

Лавины падаютъ тогда, когда подтаиваніе снѣга настолько значительно, что снѣгъ не въ состояніи держаться на крутыхъ склонахъ; это обыкновенно бываетъ весною. Паденіе лавинъ сопровождается иногда страшными разрушеніями и паденіемъ обломковъ скалъ съ высотъ, но геологическая ихъ роль незначительна. Другое дѣло ледники.

Для развитія въ горахъ ледниковъ недостаточно, чтобы гора подымалась выше линіи вѣчнаго снѣга и на ней выпадало много снѣга; необходимы еще особыя топографическія условія. Такъ, прежде всего нужны высокорасположенныя котловины, въ которыхъ могъ бы скопляться весь избытокъ снѣга, питающаго ледникъ. Въ такой котловинѣ, называемой снѣжникомъ, залегающій снѣгъ отъ подтаиванія пропитывается весь водою и, подъ вліяніемъ тяжести, мало по малу превращается въ массу ледяныхъ зеренъ, называемую фирновымъ льдомъ или фирномъ. Затѣмъ, необходимо, чтобы изъ снѣжника былъ выходъ въ долину со скатомъ; подъ вліяніемъ давленія сверху, фирнъ, по мѣрѣ удаленія отъ истока, превращается въ сплошной ледъ и, въ видѣ ледяного потока, течетъ внизъ. Тамъ, гдѣ мѣстность болѣе всего подходитъ подъ указанныя условія, тамъ мы встрѣчаемъ и наиболѣе развитые ледники, настоящія ледяныя рѣки.

Въ Европѣ наиболѣе благопріятныя условія для развитія ледниковъ представляютъ Альпы. Здѣсь размѣры снѣжниковъ достигаютъ громадныхъ размѣровъ, и каждый ледникъ орографически отдѣляется отъ сосѣдняго. Кромѣ большихъ ледниковъ, считаемыхъ ледниками перваго порядка (249) и текущихъ по долинамъ, въ Альпахъ насчитываютъ болѣе 900 ледниковъ второго порядка, ледниковъ, которые обладаютъ коротким ледянымъ языкомъ и всею своею массою прикрѣплены къ крутому склону долины и кажутся какъ бы висящими на немъ. Наиболѣе значительные ледники принадлежатъ къ Бернскому нагорью (чер. 140) и группѣ Монблана (чер. 141). Здѣсь

большая часть ледниковъ имѣетъ длину до 9 верстъ; наиболь-

Тер. 140. Церматское нагорье.

шій — Алечскій ледникъ, на южномъ склонѣ Юнгфрау, дости-

гаетъ 15 верстъ (чер. 142), и со всѣми притоками занимаетъ площадь въ 101 кв. версту. Ледникъ Монблана „Ледяное море“ (Mer de Glace) имѣетъ длину до 11 верстъ (чер. 143).

Ширина ледниковъ на всемъ ихъ протяженіи мѣняется, но большею частью она свыше 1 версты. Что же касается толщины ледниковъ, то въ этомъ отношеніи не имѣется точныхъ данныхъ, но зондировка въ трещинахъ, и расчетъ по наклону ложа, приводитъ для значительныхъ альпійскихъ ледниковъ къ мощности до 200 саж.

Чер. 141. Монбланъ; хижина на Grands Mulets.

Высота снѣговой линіи въ Альпахъ до 9000 ф., но ледники спускаются далеко ниже этой линіи; такъ, нижній Гринденвальдскій ледникъ спускается теперь до 3500 ф. надъ уровнемъ моря, а въ началѣ XIX стол. онъ спускался даже до 3200 ф. Большинство же альпійскихъ ледниковъ оканчиваются на 6000 ф. надъ уровнемъ моря. Въ общемъ ледники Альпъ занимаютъ свыше 3000 кв. верстъ.

Послѣ Альпъ, слѣдующими въ Европѣ являются Скандинавскіе ледники, но типъ ихъ здѣсь нѣсколько отличается отъ

альпійскаго; здѣсь они текутъ не по отдѣльнымъ долинамъ, но вся масса льда, исходя изъ плоскихъ фирновыхъ котловинъ и достигая долинъ, обрывается и образуетъ небольшіе круто падающіе ледники, оканчивающіеся мѣстами на высотѣ 500—200 ф. надъ уровнемъ моря.

Небольшіе ледники, большею частью висячіе, имѣются еще въ Пиринеяхъ, остальныя же горы Европы лишены глетчеровъ, вслѣдствіе сравнительно небольшой своей высоты, не достигающей области вѣчнаго снѣга.

Чер. 142. Ледникъ Алечъ на Бернскомъ нагорьѣ.

Въ Азіи ледники развиты на Кавказѣ, особенно въ центральной его части, между Эльбрусомъ и Казбекомъ. Самые значительные ледники Кавказа, Бизинги и Дыхъ-Су, расположены въ области пересѣченія главнаго хребта съ отрогомъ, направленнымъ почти съ запада на востокъ, на которомъ высятся вершины Коштантау и Дыхтау (чер. 144). Бизинги, лежащій въ глубочайшемъ ущельи, не уступаетъ по длинѣ Алечу, и спускается до $6\frac{1}{2}$ т. ф. Рядомъ съ нимъ, по другую сторону Дыхтау, лежитъ Дыхъ-су, длиною около 9 верстъ. Обращаетъ еще

на себя вниманіе по красотѣ великолѣпный Цейскій ледникъ, длиною 8,6 версты, расположенный въ горной группѣ Адай-Хоха, однимъ изъ самыхъ замѣчательныхъ массивовъ Кавказа, съ раздвоеннымъ пикомъ, высотою до 15 т. ф. Передъ пикомъ (чер. 145) лежитъ фирновое поле, откуда спускается ледникъ и, двигаясь по долинѣ внизъ, проходитъ сначала два уступа, а на высотѣ 8300 ф. стѣны долины суживаются, и ущелье образуетъ третій порогъ, за которымъ ледникъ превращается въ

Чер. 143. Ледяное море (Mer de Glace) Монблана.

хаосъ трещинъ, зубцовъ и т. п. (чер. 146). Въ общемъ на Кавказѣ не менѣе ледниковъ, чѣмъ въ Альпахъ [23]).

Еще болѣе значительные ледники имѣемъ въ Гималаяхъ, Каракорумѣ, Куэнъ-Лунѣ и Тянъ-Шанѣ; особенно развиты Каракорумскіе ледники, достигающіе 50—60 верстъ длины. На Алтаѣ извѣстно теперь пять ледниковыхъ центровъ, имѣющихъ болѣе 30 ледниковъ, по величинѣ не уступающихъ большимъ ледникамъ Альпъ и Кавказа и спускающихся до 7—$7^1/_2$ т. ф. надъ уровнемъ моря.

Въ С. Америкѣ ледники развиты на восточной границѣ Аляски, гдѣ они спускаются до 1200 ф. надъ уровнемъ моря,

а затѣмъ встрѣчаемъ ледники въ Каскадныхъ горахъ и въ Канадѣ. Въ Ю. Америкѣ наиболѣе мощные ледники встрѣчаются лишь въ умѣренномъ поясѣ Андовъ и на Огненной землѣ. Наконецъ, значительные ледники имѣются на южномъ островѣ Новой Зеландіи и на Кергеленскихъ островахъ, на которыхъ ледники спускаются до 200 ф. надъ уровнемъ моря.

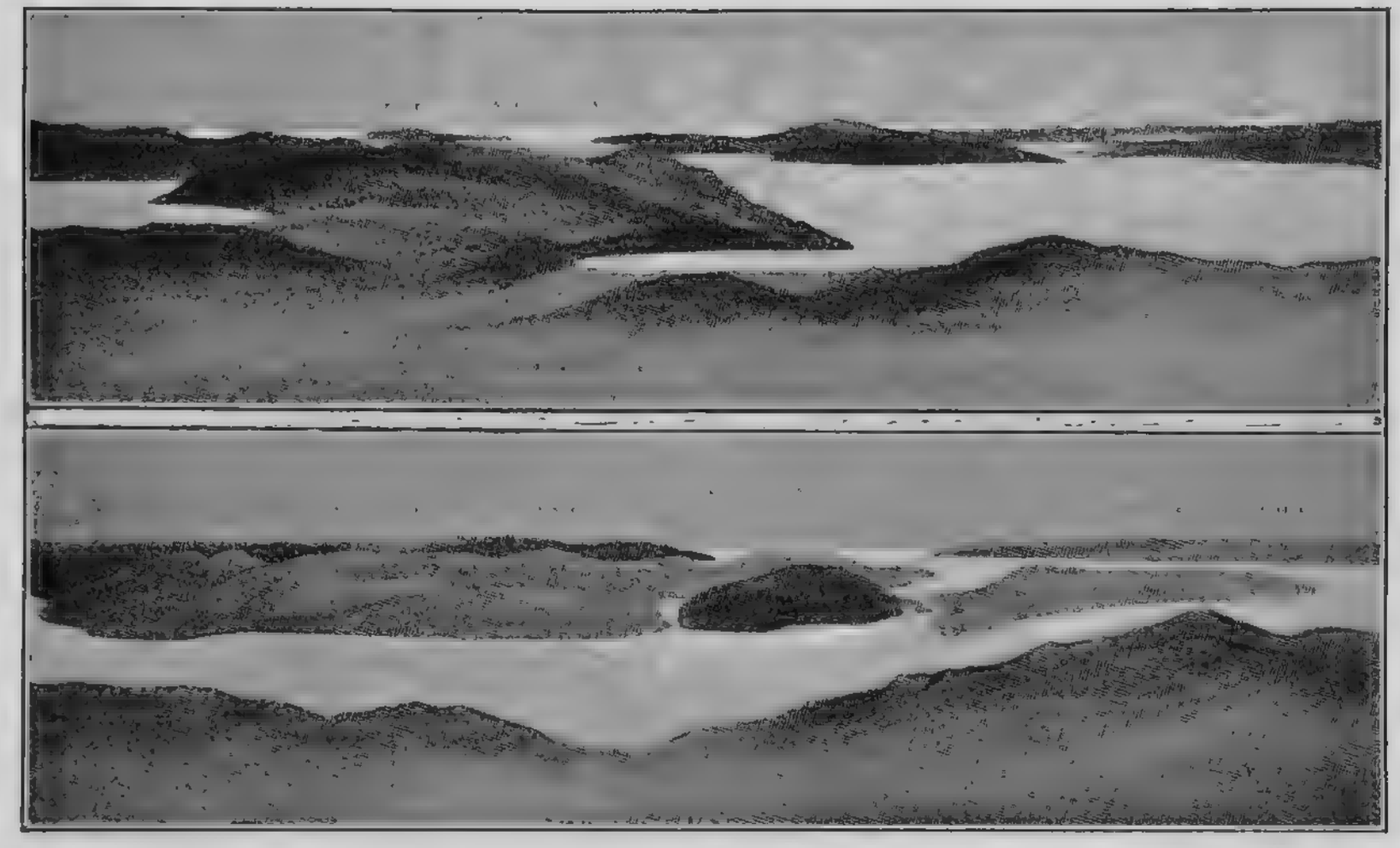
При перечисленіи ледниковыхъ областей, мы остановились преимущественно на умѣренномъ поясѣ, такъ какъ здѣсь болѣе

Чер. 144. Вершины Коштантау и Дыхтау въ центральномъ Кавказѣ.

всего преобладаютъ долинные ледники альпійскаго типа. Но такіе ледники находимъ и подъ тропиками, какъ напр. въ Экуадорѣ имѣются настоящіе альпійскіе ледники, спускающіеся до $13^1/_2$ т. ф. надъ уровнемъ моря. Однако подобныхъ ледниковъ не много, большею же частью въ тропикахъ снѣгъ окутываетъ высочайшіе вулканическіе конусы, въ видѣ мантіи, и снѣговая линія оканчивается фирновымъ кольцомъ, иногда съ короткимъ ледянымъ языкомъ, но чаще питающимъ лишь ручьи.

Чер. 145. Цейскій ледникъ (средняя террасса).

Чер. 146. Ледниковыя ворота Цейскаго ледника.



Чер. 147. Видъ материкова льда, Тоссукатекъ Фіорда и ледниковъ, и бухты Диско, съ вершины Nayat (2500 фут. высоты), при входѣ въ Фіордъ (по Пири).

Какъ ни развиты однако ледниковыя массы въ умѣренномъ поясѣ, но все же настоящее царство льда — полярныя страны. Здѣсь мы встрѣчаемъ, кромѣ альпійскихъ ледниковъ, особый типъ ледниковыхъ массъ, лучшимъ представителемъ которыхъ можетъ служить Гренландія. Извѣстныя путешествія Нансена [24]) въ сентябрѣ 1888 г. и Пири въ 1892 и 1895 гг., пересѣкшихъ Гренландію, первый въ южной части, а второй въ сѣверной, познакомили насъ съ особенностями этой настоящей ледяной страны. Вся поверхность Гренландіи представляетъ собою сплошной снѣговой и ледяной покровъ, называемый внутреннимъ или материковымъ льдомъ (Inland ice), а по эскимосски сермерсоокомъ (чер. 147); весь покровъ слегка волнистый, но въ общемъ выпуклый посерединѣ острова. Края покрова обрываются довольно круто, то у берега, то въ нѣкоторомъ отъ него разстояніи (чер. 148) и въ этомъ краевомъ поясѣ мѣстами выступаютъ изъ-подъ снѣга крутыя скалы, называемыя эскимосами нунатаками; узкая прибрежная полоса, изрѣзанная множествомъ фіордовъ, свободна отъ льда, особенно на западной окраинѣ острова. Давленіемъ материковаго льда, отъ краевого его пояса, соотвѣтствующаго альпійскимъ фирновымъ ложбинамъ, выдвигаются мощные ледники, большею частью упирающіеся въ нунатаки, какъ показываетъ (чер. 149) видъ одного изъ висячихъ ледниковъ на южномъ берегу бухты Mc. Cormick, въ Смитзундѣ; въ нѣкоторыхъ мѣстахъ ледники достигаютъ берега (чер. 150).

Ледники, исходящіе отъ материковаго льда, представляютъ преобладающій типъ въ полярныхъ странахъ. Материковый ледъ, кромѣ Гренландіи, имѣется на Землѣ Франца Іосифа, Шпицбергенѣ и въ антарктическомъ поясѣ.

Въ общемъ область ледниковъ на земномъ шарѣ занимаетъ по Пенку 7,4% земной поверхности.

Особенность ледниковъ — ихъ движеніе внизъ по долинѣ. Чѣмъ больше ледникъ, тѣмъ вообще онъ быстрѣе движется; лѣтомъ движеніе быстрѣе, чѣмъ зимою. Скорость мѣняется

также изъ года въ годъ. Особенно скорость движенія ледника увеличивается въ ущельяхъ и на круто падающихъ долинахъ. Скорость движенія ледниковъ въ общемъ, однако, не велика; самые большіе альпійскіе ледники въ рѣдкихъ случаяхъ движутся со скоростью болѣе 3 футъ въ сутки; въ сѣверо-западной Гренландіи наблюдалась скорость по средней линіи до 100 ф. въ сутки — это максимальная скорость для ледниковъ, но и она ничтожна въ сравненіи со скоростью текучихъ водъ.

Чер. 148. Видъ зап. Гренландскаго прибрежья (по Пири).

Движеніе ледника не есть просто скольженіе его всею массою по склону долины, но при этомъ и отдѣльныя части ледника измѣняютъ свое относительное положеніе, какъ это лучше всего было доказано на Ронскомъ ледникѣ; поперекъ его была проложена прямая линія изъ ряда камней, и по прошествіи года эта линія получила дугообразную форму, обна-

руживъ большую скорость движенія въ средней части (330 ф. въ годъ), и меньшую на краяхъ (33 ф.). По наблюденіямъ Тиндаля также верхняя часть ледника движется скорѣе, чѣмъ нижняя.

Дригальскій [25]) изъ наблюденій надъ Гренландскимъ ледникомъ Каракъ выводитъ для движенія на поверхности поперекъ ледника извѣстную параллельность между силою движенія и мощностью льда, а вдоль ледника значительное увеличе-

Чер. 149. Висячій ледникъ (по Пири).

ніе скорости отъ края материковаго льда до конца ледника, при впаденіи его въ море.

Затѣмъ, всѣ ледники, при измѣненіи ширины и крутизны ложа долины, суживаются или расширяются, приспособляясь къ новому ложу. Тамъ, гдѣ ледникъ спускается съ крутого порога, вся масса его раздробляется, образуя родъ зубчатыхъ стѣнъ, пирамидъ, башенъ и т. п., но затѣмъ ледникъ опять сплочивается, выравнивается, и движется какъ до спуска съ порога.

Эти и многія другія особенности представляютъ явленіе движенія ледника довольно сложнымъ и въ нѣкоторыхъ част-

ностяхъ необъяснимымъ и до настоящаго времени. Существующія теоріи этого движенія сводятся лишь на общія указанія

Чер. 150. Ледникъ «Bowdoin» на зап. Гренландскомъ берегу въ бухтѣ Инглефильда (по Пири).

механическихъ причинъ и физическихъ свойствъ льда [26]).

Не подлежитъ сомнѣнію, что импульсъ движенію ледника сообщается составляющею силою тяжести въ направленіи склона долины, при чемъ является сопротивленіе въ треніи о бока и ложе долины. Понятно, что это движеніе не можетъ быть равномѣрнымъ, потому что: 1) склонъ долины и сопротивленіе движенію въ разныхъ частяхъ различны, и 2) ледникъ не представляетъ собою однородной неизмѣняемой системы, вслѣдствіе чего въ немъ является внутреннее треніе, величина котораго также различна въ разныхъ мѣстахъ, соотвѣтственно тепловому состоянію льда и давленію массъ въ каждомъ данномъ мѣстѣ; то и другое мѣняется подъ вліяніемъ притока тепла извнѣ и скрытой теплоты, освобождающейся при замерзаніи, и измѣненій нагрузки ледника путемъ выпаденія новыхъ массъ снѣга и падающихъ на ледникъ обломковъ скалъ.

Теплота и давленіе вліяютъ на физическія свойства льда; при морозѣ ледъ крѣпокъ какъ сталь, а при температурѣ вблизи точки таянія онъ становится пластичнымъ, сжимаясь подъ давленіемъ и принимая любую форму. Это свойство льда объясняетъ, почему ледникъ можетъ приспособляться къ формѣ ложа. Давленіе понижаетъ температуру таянія, и образующаяся при этомъ вода, имѣя температуру ниже 0° и стекая въ другое мѣсто, при уменьшеніи давленія замерзаетъ, и такимъ путемъ происходитъ перемѣщеніе частицъ льда. Такому перемѣщенію въ ледникахъ способствуетъ еще отсутствіе компактности ледяной массы, такъ какъ ледниковый ледъ, подъ вліяніемъ обмѣна тепла и холода подъ давленіемъ, весь пронизывается сѣтью волосныхъ трещинъ и частью воздушными пузырьками и раздробляется на множество угловатыхъ ледяныхъ кусочковъ, называемыхъ ледниковыми зернами. Движеніе ледника однако ведетъ къ разрывамъ массъ, но соприкасающіеся кусочки льда имѣютъ способность при таяніи вновь смерзаться, и потому цѣлость ледника со временемъ возстанавливается.

Такимъ образомъ движеніе ледника основывается какъ на скольженіи, такъ и на постоянной перемѣнѣ подъ давленіемъ

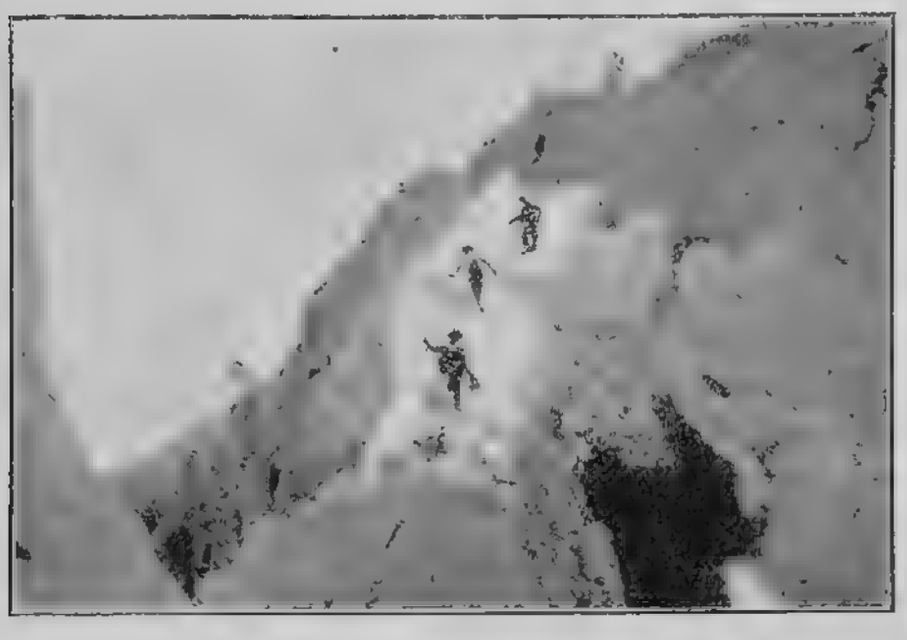
аггрегатнаго состоянія внутри ледяныхъ массъ, путемъ перехода черезъ жидкое состояніе, и на преобразованіи, путемъ слома и смерзанія вновь. Который изъ этихъ факторовъ играетъ главную роль — вопросъ, подлежащій изслѣдованію въ каждомъ данномъ случаѣ, но во всякомъ ледникѣ имѣются на лицо всѣ данныя для совмѣстнаго дѣйствія означенныхъ факторовъ, какъ-то: склонъ ложа, давленіе массъ и температурныя условія, благопріятныя для обмѣна аггрегатнаго состоянія внутри льда и смерзанія.

Чер. 151. Трещина на ледникахъ въ Альпахъ.

Неравномѣрность движенія ледника создаетъ многочисленныя трещины, которыя обыкновенно идутъ отъ краевъ къ серединѣ ледника и вверхъ по теченію; если ледникъ переходитъ изъ узкаго ложа въ широкое, то являются продольныя трещины (чер. 151). Трещины иногда маскируются вновь выпавшимъ снѣгомъ; иногда черезъ трещины перекидывается снѣжный или ледяной мостъ, которымъ пользуются путешественники для переходовъ (чер. 152).

Трещины дѣлаютъ путешествіе по ледникамъ довольно опаснымъ. Опасность еще увеличивается отъ неожиданнаго паденія на ледникъ снѣжныхъ лавинъ. Наиболѣе извѣстна катастрофа на Монбланѣ 20 августа 1820 г. Русскій ученый

Гамель, въ сопровожденіи двухъ англичанъ и многихъ проводниковъ, совершалъ восхожденіе на Монбланъ, и недалеко отъ вершины скатилась лавина и погребла подъ собою, на высотѣ около 13 т. ф., нѣсколькихъ проводниковъ. Черезъ 41 годъ на нижнемъ концѣ ледника Боссона найдены были куски платья погибшихъ, а въ 1863 г. нашли на высотѣ около 4300 ф. компасъ, принадлежавшій Гамелю. Подобныя находки предметовъ на высотахъ, значительно меньшихъ тѣхъ, на которыхъ

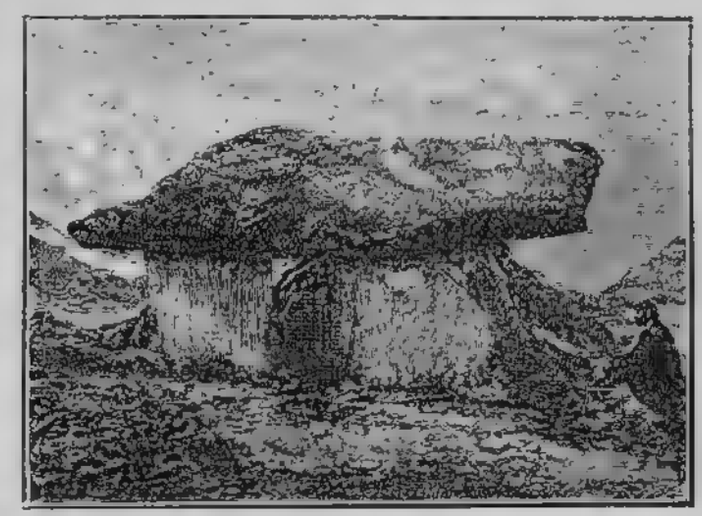


Чер. 152. Переходъ черезъ снѣжный мостъ.

они попадаютъ на ледникъ, объясняются поступательнымъ движеніемъ ледниковъ.

Каждый ледникъ увлекаетъ въ своемъ движеніи обломки скалъ, попадающіе на него съ вершинъ и склоновъ окружающихъ горъ, и накопленіемъ такихъ обломковъ образуются длинныя гряды камней, называемыя моренами. Различаютъ боковыя морены, срединныя, конечныя, и поддонныя или основныя морены. Боковая морена — гряды камней по окраинамъ ледника; если же два ледника, при соединеніи ихъ долинъ, сходятся и образуютъ одинъ, то сосѣднія боковыя морены составятъ

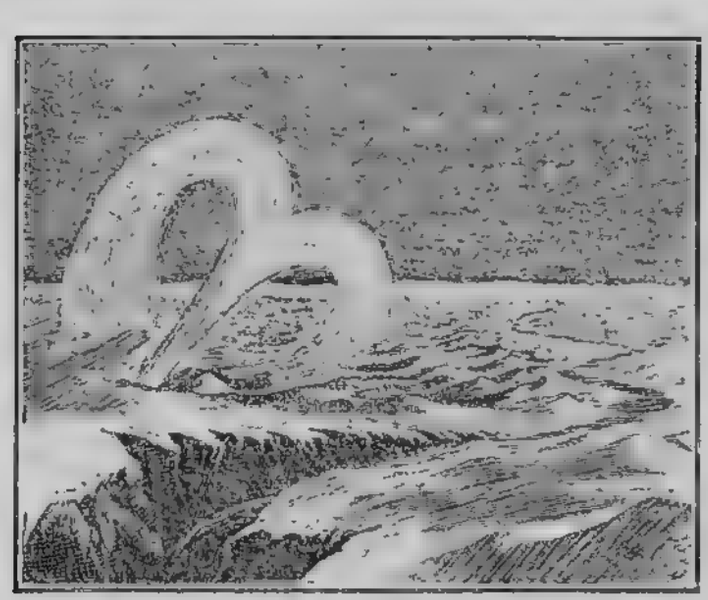
одну срединную морену. Затѣмъ накопленіе обломковъ подъ ледникомъ образуетъ поддонную морену. Такое накопленіе происходитъ отъ обломковъ, попадающихъ прямо на дно между боками долины и краями ледника, а также и отъ частей поверхностныхъ моренъ, которыя падаютъ въ трещины и, спускаясь по нимъ все ниже и ниже, достигаютъ, наконецъ, дна. Въ ледникахъ, исходящихъ подъ давленіемъ материковаго льда, какъ въ Гренландіи, поверхностныя морены рѣдко наблюдаются, но поддонныя почти всегда, и это обстоятельство показываетъ, что здѣсь поддонныя морены образуются прямо изъ матеріала, лежащаго на днѣ ложа ледника. Поддонная морена, подвигаясь съ ледникомъ внизъ, достигаетъ того мѣста, гдѣ ледникъ уже таетъ, и составляетъ вмѣстѣ съ боковыми и срединною моренами конечную морену.



Чер. 153. Ледниковый столъ на Ронскомъ ледникѣ.

Такъ какъ поддонная морена находится подъ давленіемъ ледника, которое, въ зависимости отъ массы льда, можетъ достигать значительныхъ размѣровъ, то при движеніи ледника, отъ взаимнаго тренія морены о ложе и бока долины, происходитъ шлифовка матеріала, какъ мореннаго, такъ и поверхности самой долины. Мелкій и мягкій матеріалъ истирается въ порошокъ, образуя тонкій илъ, а болѣе крупный и твердый испещряется прямолинейными царапинами или шрамами, въ направленіи движенія ледника, притомъ угловатости породъ сглаживаются, и породы принимаютъ округленную форму. Тѣ же явленія шрамовъ и округленій происходятъ и на стѣнахъ ледниковаго русла.

Присутствіе обломковъ на ледникѣ обусловливаетъ собою явленія такъ называемыхъ глетчерныхъ столовъ и колодцевъ. Большая каменная глыба защищаетъ до извѣстной степени лежащій подъ нею ледъ отъ таянія, и потому при таяніи окружающаго льда глыба окажется лежащею на ледяной подставкѣ, имѣя видъ стола (чер. 153); мелкіе же обломки, нагрѣваясь быстрѣе окружающаго льда и передавая тотчасъ ему тепло вслѣдствіе своего малаго объема, заставляютъ подстилающій ихъ ледъ таять скорѣе, чѣмъ окружающій, и потому образуютъ маленькія углубленія, называемыя колодцами.



Чер. 154. Перемежающійся фонтанъ на поверхности Гренландскаго материковаго льда (по Норденшельду).

Таяніе ледника происходитъ какъ отъ непосредственнаго вліянія солнца, такъ и отъ дождя и особенно отъ теплыхъ вѣтровъ. Вода, получающаяся отъ таянія льда, стекаетъ внизъ, по различнымъ трещинамъ и по дну, образуя шумные потоки и водопады. Норденшельдъ даетъ примѣръ перемежающагося фонтана (чер. 154) на Гренландскомъ материковомъ льду отъ воды, проникшей внутрь трещинъ. Однимъ словомъ, отъ таянія ледника получается цѣлая система ручьевъ, которые, выходя, наконецъ, изъ-подъ льда, образуютъ иногда огромныя арки, называемыя ледниковыми воротами (на чер. 146 такія ворота видны съ правой стороны). Таетъ ледникъ на всемъ своемъ протяженіи, хотя болѣе по краямъ, чѣмъ въ серединѣ, вслѣдствіе соприкосновенія съ горными породами, нагрѣваемыми солнцемъ, но наиболѣе быстрое

таяніе происходитъ, конечно, внизу долины, тамъ, гдѣ средняя годовая температура выше 0°. Здѣсь ледникъ достигаетъ уже такого мѣста, гдѣ край его весь растаиваетъ и ледникъ оканчивается.

Граница ледника зависитъ отъ быстроты таянія его конца и скорости поступательнаго движенія ледника. Если таяніе на концѣ идетъ быстрѣе, чѣмъ ледникъ спускается, то граница ледника отодвигается, т. е., какъ говорятъ, ледникъ отступаетъ; при противоположныхъ условіяхъ таянія и движенія, ледникъ подвигается все далѣе и далѣе въ обитаемую мѣстность, т. е. наступаетъ. Изслѣдованія показываютъ, что отступаніе и наступаніе ледниковъ обнимаетъ собою цѣлые періоды времени. Напримѣръ съ 1854—57 гг. Альпійскіе ледники до 1880 г. отступили на $^1/_2$—$^3/_4$ версты, а затѣмъ стали наступать, хотя и не всѣ одновременно. Причина подобнаго явленія заключается въ слѣдующемъ. Если количество снѣга въ снѣжникахъ увеличивается, то увеличивается давленіе на ледникъ, и онъ быстрѣе движется внизъ; если при этомъ будемъ имѣть рядъ холодныхъ лѣтъ, то ледникъ будетъ мало талъ на концѣ, и, слѣдовательно, замѣтимъ его наступаніе. Такимъ образомъ, періоды наступанія ледниковъ должны быть послѣдствіемъ цѣлаго ряда влажныхъ и холодныхъ лѣтъ, а отступаніе будетъ слѣдовать послѣ теплыхъ и сухихъ годовъ — тогда и движеніе ледника медленно и убыль его отъ таянія больше. Но вліяніе теплыхъ и холодныхъ лѣтъ передается очень медленно; вычисленія проф. Воейкова показываютъ, что при скорости движенія ледника 50 саж. въ годъ и длинѣ напр. 6 верстъ, накопленіе снѣга въ снѣжникахъ сказывается на поступательномъ движеніи ледника только черезъ 60 лѣтъ. Въ настоящее время почти всѣ ледники Альпъ и Кавказа находятся въ состояніи отступанія, и это есть слѣдствіе климатическихъ условій не послѣднихъ годовъ, но болѣе ранняго времени. Однако, въ этомъ отношеніи значеніе имѣетъ и обширность ледника. Изъ изслѣдованій Фореля надъ Альпій-

скими ледниками выходитъ, что чѣмъ больше ледникъ и чѣмъ меньше его наклонъ, тѣмъ граница его менѣе подвержена измѣненіямъ; небольшіе и круто падающіе ледники прежде всего приспособляются къ климатическимъ перемѣнамъ.

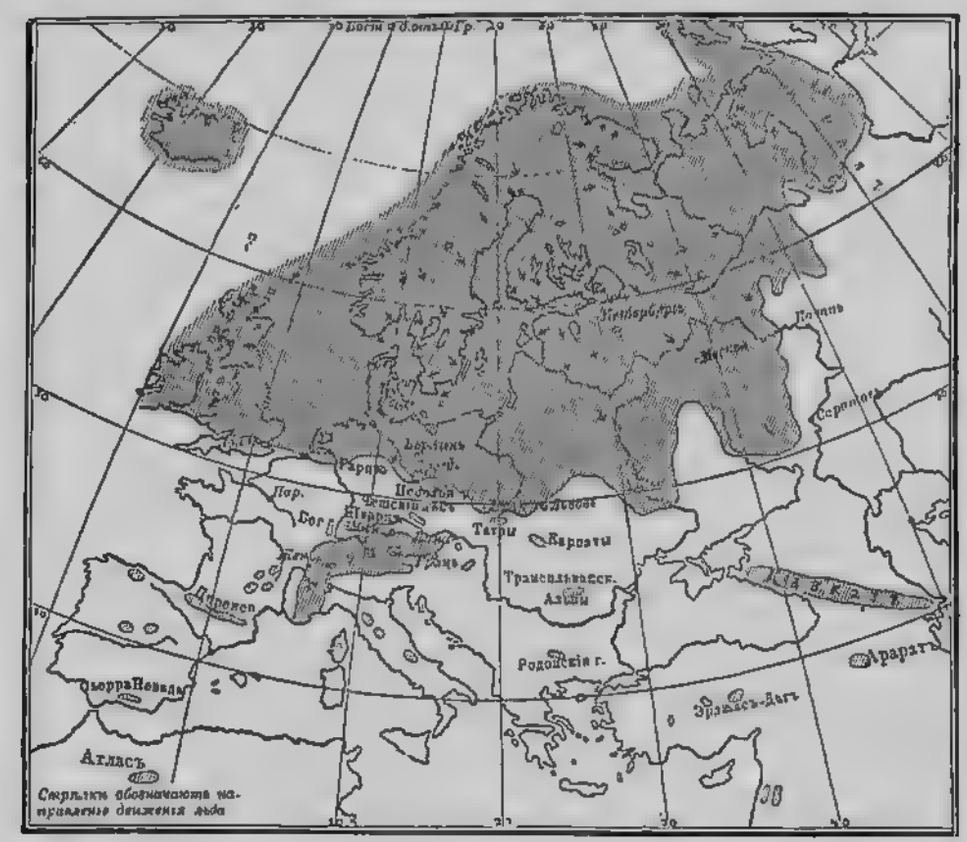
Если ледникъ наступаетъ, то конечная морена подвигается впередъ, а при отступаніи ледника и конечная морена отступаетъ. Такимъ образомъ мѣстомъ конечной морены опредѣляется нижняя граница ледника, такъ что по старымъ моренамъ можно судить о прежнемъ распространеніи ледниковъ.

Уже изъ вышеизложеннаго о моренахъ легко видѣть, какое геологическое значеніе имѣютъ ледники. Они, подобно текущимъ водамъ на земной поверхности, съ одной стороны сносятъ горныя породы съ высшаго уровня на низшій, разрушая или, такъ сказать, выпахивая при этомъ ложе долинъ, а съ другой — накопляютъ этотъ матеріалъ въ другихъ мѣстахъ; разница въ этомъ отношеніи между ними и текущими водами только та, что ледникъ работаетъ медленно, но на большемъ пространствѣ, и несетъ въ одно мѣсто вмѣстѣ и крупный и мелкій матеріалъ, тогда какъ вода всегда сортируетъ матеріалъ, оставляя крупныя части въ одномъ мѣстѣ и снося мелкія въ другое, при чемъ и въ количественномъ отношеніи рѣчной матеріалъ уступаетъ ледниковому.

Выпахиваніе ложа, какъ мы видѣли выше, ледникъ производитъ двоякимъ путемъ: 1) онъ бороздитъ и шлифуетъ скалы своими поддонными моренами, и 2) срѣзываетъ острые выступы и края, придавая скаламъ округленный и сглаженный видъ; такія скалы, имѣющія видъ яйцевидныхъ бугровъ, получили названіе бараньихъ лбовъ, а цѣлыя группы ихъ—курчавыхъ скалъ (чер. 158).

Всѣ такія крупныя измѣненія рельефа требуютъ несомнѣнно весьма продолжительнаго времени дѣйствія ледниковъ; при наблюденіяхъ надъ современными ледниками подобныя явленія обнаруживаются лишь въ самой слабой степени и потому не достаточны для рѣшенія вопроса о томъ, какъ велико можетъ

быть геологическое дѣйствіе ледника. Но существованіе этихъ явленій въ настоящее время въ мѣстахъ, гдѣ теперь и нѣтъ ледниковъ, совмѣстно съ моренными накопленіями, свидѣтельствуетъ о значительномъ распространеніи мощныхъ ледниковъ въ диллювіальную эпоху; оставленные этими ледниками слѣды своею грандіозностью указываютъ на чрезвычайно важное геологическое значеніе ледниковъ. Огромные валуны (эрратиче-



Чер. 155. Карта распредѣленія ледниковъ въ Европѣ въ диллювіальную эпоху. (Мѣстности съ ледниковымъ покровомъ заштрихованы).

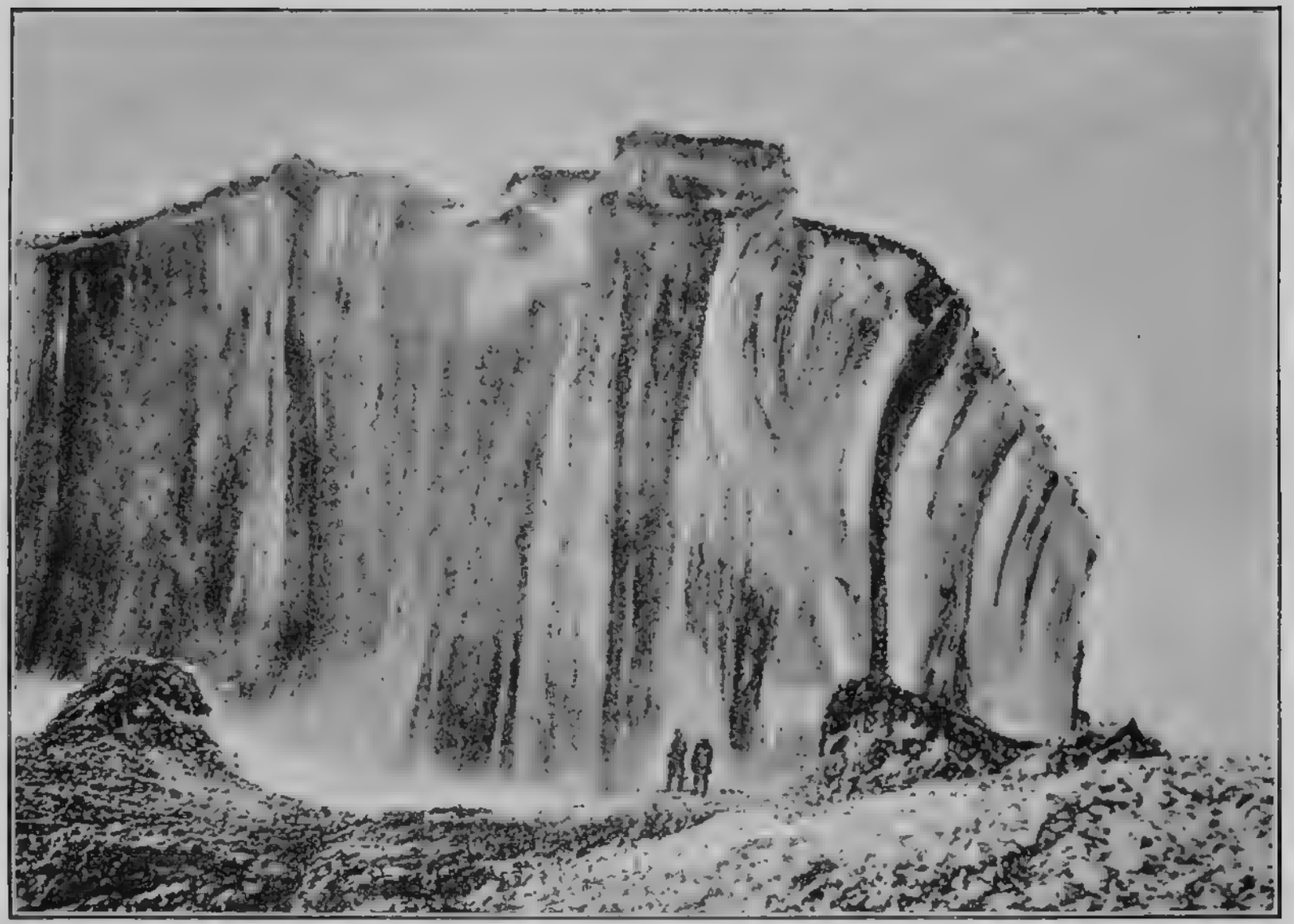
скіе камни), покрытые ледниковыми шрамами, подстилаемые также отполированными твердыми породами и сопровождаемые мѣстами галечными и песчаными скопленіями, встрѣчаются на большомъ пространствѣ въ областяхъ, смежныхъ съ Альпами, и настолько далеко отъ мѣстъ нынѣшняго залеганія однородныхъ съ валунами породъ, что приписать происхожденіе такихъ валуновъ обваламъ и внезапнымъ потокамъ нѣтъ никакой возмож-

ности. Вмѣстѣ съ тѣмъ, безпорядочность въ накопленіи вмѣстѣ и крупнаго и мелкаго матеріала, свойственная только моренным отложеніямъ, указываетъ, что въ четвертичномъ періодѣ Альпійскія страны были охвачены льдами на весьма значительномъ пространствѣ. Большая сравнительно мощность древнихъ Альпійскихъ ледниковъ доказывается въ тоже время положеніемъ пояса ледяной полировки въ Альпійскихъ долинахъ; онъ наблюдается значительно выше границъ нынѣ дѣйствующихъ ледниковъ. Но не только Альпы, но и вся сѣверная Европа—Шотландія, Скандинавія, сѣверная Германія и сѣверная Россія, почти до параллели 49° сѣв. ш., (чер. 155) обнаруживаютъ подобные же остатки бывшаго нѣкогда оледенѣнія. Еще въ большей степени оледенѣніе имѣло мѣсто въ Сѣверной Америкѣ, гдѣ слѣды его находятъ даже южнѣе параллели 40° сѣв. ш. Въ Азіи оледенѣніе было меньше, ограничиваясь большею частью горами, исключая сѣверной Сибири, гдѣ, согласно новѣйшимъ изслѣдованіямъ барона Толя [27]), находятся остатки бывшаго оледенѣнія въ видѣ массъ зернистаго окаменѣлаго льда, выступающаго въ различныхъ прибрежныхъ пунктахъ материка и Ново-Сибирскихъ острововъ (чер. 156).

Слѣды болѣе мощныхъ ледниковъ въ недавнюю геологическую эпоху имѣются и вблизи экватора (въ Сіерра Невада де Санта Марта, Колумбіи) и въ южномъ полушаріи, въ Аргентинѣ, Чили и въ Новой Зеландіи, но было ли это явленіе въ южномъ полушаріи одновременно съ сѣвернымъ, вопросъ спорный, хотя большинство изслѣдователей склоняется въ пользу одновременности.

Время такого оледенѣнія называютъ ледниковою эпохою. Во многихъ мѣстахъ признаютъ существованіе въ четвертичномъ періодѣ даже нѣсколькихъ такихъ эпохъ, по крайней мѣрѣ двухъ, въ промежуткѣ между которыми ледники отступали, и соотвѣтственныя отложенія, особенно растительныя, указываютъ на болѣе мягкій и сухой климатъ, чѣмъ въ ледниковую эпоху.

Характеръ оледенѣнія въ ледниковую эпоху былъ различ-



Чер. 156. Береговой обрывъ на Большомъ Ляховскомъ островѣ, восточнѣе Ванькина стана. Стѣна «ископаемаго ледника» (по Толю).

ный; въ Альпахъ преобладали долинные ледники, отличавшіеся отъ современныхъ лишь большею мощностью и большимъ распространеніемъ, тогда какъ сѣверная Европа была охвачена, подобно нынѣшней Гренландіи, преимущественно материковымъ льдомъ, главнымъ очагомъ питанія котораго были горы Скандинавіи. Ледяной покровъ заполнялъ нынѣшнюю область Нѣмецкаго и Балтійскаго морей, сѣверо-германскую низменность, простираясь отъ Голландіи до подножія галиційскихъ Карпатъ, по всей сѣверной Россіи, и захватывалъ Волынскую, Кіевскую и Полтавскую губ. Мощность ледяного покрова оцѣниваютъ по крайней мѣрѣ въ $\frac{1}{2}$ — 1 версту. Отступаніе его оставило за собою отложенія въ видѣ валунныхъ глинъ, образовавшихся какъ изъ матеріала поддонныхъ моренъ, богатыхъ горными породами Скандинавіи, такъ и изъ стиранія коренныхъ мѣстныхъ породъ; затѣмъ, шрамы и полировка коренныхъ породъ, бараньи лбы, волнистые холмы сыпучаго песку съ гравіемъ и валунами и, наконецъ, фіорды скалистыхъ странъ Сѣвера и многочисленныя озера сѣверной Россіи и Сѣверной Америки — все это остатки ледниковой эпохи.

Образованіе фіордовыхъ долинъ приписывается многими изслѣдователями выпахивающему дѣйствію древнихъ ледниковъ.

Фіордами называютъ узкіе, длинные и извилистые, заливы, ограниченные въ большинствѣ случаевъ высокими скалистыми берегами и врѣзывающіеся въ материкъ почти подъ прямымъ угломъ (чер. 157). Фіорды обыкновенно идутъ по берегу подрядъ, одинъ за другимъ. Иногда два фіорда сходятся вилообразно, образуя фіордовый проливъ и островокъ треугольной формы. Размѣры фіордовъ крайне разнообразны (длина до 180 в. отношеніе ширины къ длинѣ = 1 : 30 или 1 : 40). Глубина при входѣ въ фіордъ обыкновенно меньше, чѣмъ въ самомъ фіордѣ.

Фіорды встрѣчаются не только на берегахъ морей открытыхъ, но даже и въ озерахъ, какъ, напримѣръ, въ Американскихъ озерахъ, Онежскомъ озерѣ, но вообще они свойственны полярнымъ широтамъ и покрайней мѣрѣ не подходятъ къ экватору

Чер. 157. Фіордъ «Hardanger», на западномъ берегу Норвегіи, южнѣе Бергена.

ближе 49° с. и 41° ю. широтъ, и принадлежатъ берегамъ, получающимъ обильные атмосферные осадки и бывшимъ покрытыми въ прежнемъ геологическомъ періодѣ мощными ледниками.

Въ глубинѣ фіордовъ, по склонамъ ихъ береговъ, часто встрѣчаются на нѣкоторой высотѣ береговыя линіи и террассы, покрытыя ледниковымъ щебнемъ или морскими отложеніями, указывающими на болѣе высокій нѣкогда уровень моря. Характеръ фіордовъ много зависитъ отъ твердости горныхъ породъ; чѣмъ легче разрушаются эти породы, тѣмъ болѣе фіорды наполнены островками и подводными камнями.

Относительно происхожденія фіордовъ большею частью придерживаются того взгляда, что потоки нѣкогда прорѣзали по горному склону глубокія долины, которыя, съ оледенѣніемъ страны въ ледниковую эпоху, заполнились ледниками и выпахивались послѣдними. Съ окончаніемъ ледниковаго періода и растаяніемъ льдовъ, море поднялось и залило долины, превративъ ихъ въ заливы. Затѣмъ колебанія уровня моря, то въ ту, то въ другую сторону, продолжались и образовали береговыя линіи на разныхъ высотахъ.

Что же касается озеръ, то они могутъ происходить разнымъ путемъ, какъ, напримѣръ, тектоническими процессами—опусканіемъ извѣстныхъ участковъ (какъ Мертвое море и восточно-африканскія озера), отступаніемъ моря и отдѣленіемъ морского бассейна отъ океана (какъ Байкалъ, Аральское и Каспійское моря), или вулканически (кратерныя озера), или отложеніями водъ, образующими прибрежныя естественныя плотины и т. п., однако настоящіе озерные ландшафты созданы преимущественно ледниковыми процессами. Ледники выпахивали впадины въ долинахъ, которыя, будучи заключены между моренными отложеніями, послѣ отступанія ледниковъ, заполнились водою и, благодаря водонепроницаемости подстилающихъ валунныхъ глинъ и суглинковъ, образовали озера (чер. 158). Конечно, не вездѣ, куда заходили прежде ледники, существуютъ озера, такъ какъ впадины могли покрыться валунными образованіями. Во вся-

комъ случаѣ, въ областяхъ, которыя нѣкогда были покрыты мощными ледниками, мы встрѣчаемъ громадное скопленіе озеръ. Въ сѣверной Европѣ поверхность озеръ занимаетъ почти 4%, а въ Финляндіи даже 13% ея поверхности; въ Сѣв.-Амер. Соединенныхъ Штатахъ Миннесота столь же богата озерами, какъ и Финляндія.

Такимъ образомъ, ледникамъ принадлежитъ не малая роль въ измѣненіяхъ поверхности материковъ; она выражается какъ

Чер. 158. Курчавыя скалы и озерныя котловины, выпаханныя ледниками въ Шотландіи (по Гейки).

въ разрушеніи и сносѣ породъ съ высшаго уровня на низшій и выпахиваніи долинъ при движеніи ледниковъ, такъ и въ накопленіи матеріала при отступаніи ихъ. Дѣятельность ледниковъ оставляетъ слѣды не только на материкѣ, но и въ морскихъ бассейнахъ. Въ полярныхъ странахъ ледники спускаются къ морю, обламываются у берега и всплываютъ въ видѣ ледяныхъ горъ, которыя уносятся теченіями въ область умѣреннаго пояса, и тамъ растаиваютъ, оставляя бывшій на нихъ матеріалъ

на днѣ моря, которое такимъ путемъ мало по малу возвышается. Такъ образовались, напримѣръ, извѣстныя Ньюфаундлендскія банки.

Разобравъ дѣятельность ледниковъ, намъ остается еще, для полноты обзора геологическаго значенія льдовъ, указать на роль морскаго и рѣчнаго льда. Переносъ каменныхъ глыбъ и щебня производится и обыкновенными морскими и рѣчными льдами въ тѣхъ мѣстахъ умѣреннаго пояса, гдѣ зимнія климатическія условія способствуютъ образованію мощныхъ льдинъ. Подъ вліяніемъ мороза, вода, попадающая въ трещины горныхъ породъ, замерзаетъ и раскалываетъ ихъ, а обломки падаютъ на ледъ и съ ледоходомъ уносятся далеко отъ мѣста своего происхожденія. Въ Финскомъ заливѣ нерѣдко наблюдается путешествіе льдинъ съ обломками съ сѣвернаго берега на южный; въ окрестностяхъ Ревеля можно найти огромные валуны Финляндскаго гранита, принесенные льдами. Въ шхерахъ Финляндіи льды часто измѣняютъ фарватеръ переносомъ съ одного мѣста на другое каменныхъ глыбъ, вмерзающихъ въ ледъ. Рѣчной ледъ также можетъ выносить въ море большее или меньшее количество материковаго матеріала, охваченнаго льдомъ во время замерзанія; все южное побережье Бѣлаго моря при устьяхъ даже небольшихъ рѣчекъ усѣяно множествомъ обломковъ, вынесенныхъ рѣчнымъ ледоходомъ. Въ рѣкахъ особенно разрушительное дѣйствіе льда проявляется при образованіи, во время ледохода, такъ называемыхъ ледяныхъ зажоръ, которыми задерживается временно рѣчной стокъ, отчего уровень рѣки быстро подымается; при прорывѣ затѣмъ такой плотины подъ напоромъ сверху, ледъ устремляется съ огромною силою внизъ по теченію и разрушаетъ все по пути.

Въ заключеніе о льдахъ остановимся еще нѣсколько на причинахъ ледниковой эпохи.

Ледниковая эпоха представляетъ одну изъ самыхъ любопытныхъ страницъ въ исторіи земли, не только по оставленнымъ ею геологическимъ слѣдамъ, свидѣтельствующимъ о чрезвы-

чайно важной роли мощныхъ ледниковъ, но и по тому вліянію, которое она должна была оказать на географическое распредѣленіе растеній и животныхъ.

Цѣлый рядъ фактовъ показываетъ, что, съ надвиганіемъ ледяного покрова, по краямъ его флора и фауна принимали полярный характеръ, такъ что на всемъ пространствѣ отъ Англіи до центральной Россіи, во время наибольшаго оледенѣнія, обитали вдоль края материковаго льда лишь арктическія формы. Послѣ отступанія льда въ животномъ царствѣ произошло нѣкоторое смѣшеніе, появились новыя формы, характерными представителями которыхъ являются повсюду мамонтъ, а въ сѣверной Германіи мелкая порода сѣвернаго оленя, живущая нынѣ въ Гренландіи, мускусный овцебыкъ и т. п., формы, которыя, благодаря по всей вѣроятности измѣненію климата, частью исчезли, а частью переселились въ полярныя страны. Въ послѣледниковую эпоху въ Средней Европѣ появляется на нѣкоторое время настоящая степная фауна — антилопы, дикая лошадь, тушканчики и т. п., указывающая на періодъ сухого континентальнаго климата; съ измѣненіемъ климата степная фауна отступаетъ на востокъ и замѣняется лѣсными формами съ юга.

Вмѣстѣ съ тѣмъ ледниковая эпоха интересна и для метеорологовъ, обнаруживая несомнѣнныя доказательства значительнаго колебанія климатовъ земного шара въ сравнительно недавнее геологическое прошлое.

Въ виду этого, изслѣдованіе причинъ ледниковой эпохи являлось всегда и является и теперь одною изъ важнѣйшихъ задачъ для физико-географовъ. Къ сожалѣнію, и въ этомъ вопросѣ, какъ и во многихъ другихъ, касающихся прошлаго нашей земли, приходится имѣть дѣло лишь съ довольно шаткими гипотезами.

Пенкъ указалъ, что для объясненія мощности бывшаго оледенѣнія достаточно принять, что линія вѣчнаго снѣга спускалась въ то время ниже современной около 3300 ф. (1000 м.); на основаніи же положенія моренъ, и принимая для границы

прежняго фирна въ горахъ линію между наивысшею изъ вершинъ, лишенныхъ ледниковъ, и наинизшею съ ледниками, установлено, что въ ледниковую эпоху линія фирна дѣйствительно была ниже современной почти вездѣ среднимъ числомъ около 3300 ф. Такое положеніе фирновой линіи могло быть слѣдствіемъ, или болѣе обильной влаги тогда, или болѣе низкой температуры, или и того и другого вмѣстѣ. Послѣднее наиболѣе вѣроятно; болѣе низкая температура доказывается нахожденіемъ у краевъ бывшаго оледенѣнія лишь арктическихъ формъ растеній и животныхъ, а болѣе обильная влага—большими размѣрами рѣчныхъ террассъ, обиліемъ ихъ наносовъ, и многоводностью большихъ озеръ, оставившихъ слѣды въ видѣ явственныхъ береговыхъ линій. Принимая для пониженія температуры на 1° Ц. 650 ф., вычисляютъ, что средняя годовая температура въ ледниковую эпоху была ниже нынѣшней около 5° Ц., но если принять въ расчетъ обиліе влаги, то пониженіе температуры можетъ быть сведено на меньшую цифру. Во всякомъ случаѣ климатъ въ ледниковую эпоху былъ влажнѣе и холоднѣе нынѣшняго, а если принять во вниманіе, что въ теченіе этой эпохи могли быть промежутки времени, во время которыхъ льды отступали, то надо признать довольно значительныя колебанія въ климатѣ. Каковы же причины подобныхъ колебаній? Гипотезы по этому вопросу сводятся къ двумъ категоріямъ [28]).

Къ первой категоріи относятся гипотезы, въ основу которыхъ положены физико-географическія причины, какъ-то, особое распредѣленіе материковъ и водъ и иное направленіе теплыхъ, воздушныхъ и морскихъ, теченій, возникновеніе горъ, повышеніе материковъ, колебанія количества углекислоты и паровъ въ атмосферѣ и т. п.; другая же категорія гипотезъ пытается объяснить перемѣны климата болѣе общими, космическими, причинами, именно, измѣненіемъ лучистой энергіи солнца, періодическими нарушеніями эксцентриситета земной орбиты, наклона эклиптики и передвиженіемъ равноденственныхъ точекъ.

Изъ гипотезъ второй категоріи остановимся пока на тѣхъ, которыя основываются на движеніи равноденственныхъ точекъ и измѣненіи эксцентриситета. Равноденственныя точки возвращаются на свое мѣсто черезъ 21 тыс. лѣтъ и съ движеніемъ этихъ точекъ связано неравенство лѣта и зимы на каждомъ изъ полушарій, повторяющееся періодически черезъ тѣже 21 тыс. лѣтъ. Въ теченіе это періода на одномъ изъ полушарій сначала лѣто удлиняется относительно зимы, тогда какъ на другомъ полушаріи происходитъ обратное, и черезъ 5 тыс. лѣтъ слишкомъ разность продолжительности лѣта и зимы достигаетъ 8 дней; затѣмъ разность эта уменьшается, такъ что, черезъ $10^1/_2$ тыс. лѣтъ, лѣто опять сравнивается съ зимою. Въ слѣдующее $10^1/_2$ тыс. лѣтъ на томъ же полушаріи зима получаетъ перевѣсъ надъ лѣтомъ и т. д. Принявъ это за исходную точку, Адемаръ создалъ гипотезу періодичности оледенѣнія то сѣвернаго, то южнаго полушарія. По его мнѣнію, перевѣсъ зимы на одномъ изъ полушарій долженъ вести къ оледенѣнію его, такъ какъ количество тепла должно быть меньше, чѣмъ при равенствѣ продолжительности лѣта и зимы. Гипотеза Адемара не выдерживаетъ критики, такъ какъ легко показать вычисленіемъ, что хотя южное полушаріе и имѣетъ теперь болѣе длинную зиму, чѣмъ сѣверное (почти на 7 дней), но, вслѣдствіе большей близости его къ солнцу въ теченіе лѣта, количество тепла получаемое имъ отъ солнца одинаково съ тѣмъ, которое получаетъ въ тоже время сѣверное полушаріе. Болѣе разработана уже гипотеза Кролля, основаніемъ которой послужили колебанія въ величинѣ эксцентриситета земной орбиты. Въ настоящее время величина этого эксцентриситета $^1/_{60}$, но она не остается постоянною, и, на основаніи формулы Леверье, Кролль даетъ кривую измѣненій, показывающую, что земная орбита, то должна приближаться къ кругу, то вытягиваться въ эллипсъ, достигая максимума эксцентриситета около $^1/_{13}$. При послѣдней величинѣ разность между разстояніями отъ солнца точекъ перигелія и афелія, составляющая теперь

4,6 мил. вер., достигаетъ 24 мил. вер., а при такихъ условіяхъ максимальная разность продолжительности зимы и лѣта достигаетъ 34 дней, и количество тепла, получаемаго въ аѳеліи землею отъ солнца, должно снизойти до минимума.

Если представимъ себѣ теперь, что, при наибольшемъ эксцентриситетѣ, зима одного изъ полушарій приходилась въ аѳеліи, то въ этомъ полушаріи имѣлись налицо благопріятныя условія для болѣе интенсивныхъ зимнихъ холодовъ и накопленія снѣга, чѣмъ въ другое время. Хотя въ теченіе лѣта это же полушаріе получало большое количество тепла, вслѣдствіе близости солнца, но эта теплота расходовалась главнымъ образомъ на таяніе снѣга, а вмѣстѣ съ тѣмъ испареніе снѣга порождало густые туманы, затруднявшіе съ своей стороны доступъ солнечнаго тепла къ землѣ, и дѣло было какъ теперь къ Гренландіи, гдѣ температура воздуха лѣтомъ рѣдко бываетъ выше 0°. Въ то же время другое полушаріе получало максимумъ тепла. Увеличеніе температурной разницы между полушаріями повело къ усиленію пассата на болѣе холодномъ полушаріи, отчего экваторіальныя теченія устремились съ большею силою въ болѣе теплое полушаріе и этимъ еще болѣе увеличили температурную разность обоихъ полушарій.

Такимъ образомъ, во время наибольшаго эксцентриситета, полушаріе, имѣющее зиму въ аѳеліѣ, должно переживать ледниковую эпоху. Такъ какъ движеніемъ равноденственныхъ точекъ положеніе перигелія и аѳелія мѣняется, возвращаясь лишь черезъ 21 тыс. лѣтъ въ прежнее положеніе, то и ледниковыя эпохи во время наибольшаго эксцентриситета должны наступать періодически на каждомъ полушаріи, раздѣляясь болѣе теплыми промежутками времени въ $10^1/_2$ т. лѣтъ. Такова въ главныхъ чертахъ гипотеза Кролля.

Періоды наибольшаго эксцентриситета обнимаютъ собою милліоны лѣтъ; эксцентриситетъ былъ гораздо болѣе нынѣшняго около 100 и 200 тыс. лѣтъ до Р. Х., но самые значительные эксцентриситеты были за 850 тыс. и $2^1/_2$ мил. лѣтъ

до Р. Х. По гипотезѣ Кролля послѣдняя ледниковая эпоха должна была имѣть мѣсто за 80 тыс. лѣтъ до Р. Х.

Гипотеза Кролля встрѣчаетъ много основательныхъ возраженій. Она противорѣчитъ изслѣдованіямъ геологовъ, признающихъ одновременное оледенѣніе всего земного шара, а не поочередное каждаго полушарія, черезъ промежутки $10^1/_2$ тысячъ лѣтъ; затѣмъ, отдаленность эпохи по астрономическимъ даннымъ и то, что астрономическія причины должны были вызвать одинаковое охлажденіе на каждой изъ параллелей, не сходится съ геологическими данными, но главное затрудненіе въ томъ, что гипотезою не объясняется обиліе влаги, которое должно было имѣть мѣсто въ ледниковую эпоху, и, наконецъ, даже астрономическія причины охлажденія климата не подкрѣпляются вычисленіями. Кэльверуэлль (Culverwell) вычислилъ, что при большомъ эксцентриситетѣ земной орбиты величина солнечнаго нагрѣванія въ теченіе зимы для параллелей 40°, 50°, 60°, 70° и болѣе сѣв. шир. та же, что и въ настоящее время для параллелей, расположенныхъ на 2°—3° сѣвернѣе.

Подобно тому какъ гипотеза Кролля, такъ и другія существующія астрономическія гипотезы или не выдерживаютъ критики, или вовсе не обоснованы (какъ измѣненіе лучистой энергіи солнца). Колебанія въ наклоненіи эклиптики вліяютъ несомнѣнно на распредѣленіе солнечнаго тепла по широтамъ; при бо́льшемъ наклоненіи эклиптики высокія широты получаютъ въ общемъ въ годъ болѣе тепла, чѣмъ при меньшемъ наклоненіи, тропическія же страны наоборотъ. По вычисленіямъ Стокуэлля наклоненіе эклиптикм колеблется въ предѣлахъ около 2° и ближайшее къ нашему времени наиблольшее (24°27′) было за 9076 лѣтъ, а наименьшее (22°13) за 28296 лѣтъ тому назадъ; черезъ 10 тысячъ лѣтъ наклоненіе будетъ опять малое (22°51). Экгольмъ вычислилъ разности температуръ для наибольшаго и наименьшаго наклоненій сравнительно съ нынѣшнимъ наклоненіемъ (23°29′); въ среднемъ за годъ получается разность для умѣренныхъ широтъ менѣе 1°, а для полярныхъ

отъ 3° до 5°. Такимъ образомъ, уменьшеніе наклоненія эклиптики, бывшее 28 тыс. лѣтъ тому назадъ, не могло причинить значительнаго охлажденія климата въ умѣренныхъ широтахъ. Главную причину ледниковой эпохи слѣдуетъ вѣрнѣе искать въ физико-географическихъ условіяхъ земного шара, особенно въ измѣненіяхъ состава земной атмосферы, хотя и въ этомъ отношеніи мы еще далеки отъ рѣшенія подобныхъ вопросовъ.

Распредѣленіе водъ и материковъ, направленіе морскихъ теченій, высота горъ и т. п. географическія условія, безъ сомнѣнія, имѣютъ большое вліяніе на климатъ, и совокупность ихъ можетъ причинить болѣе или менѣе мощное развитіе льдовъ, но эти условія для прежняго времени извѣстны намъ лишь въ самыхъ общихъ чертахъ, что для обоснованности гипотезъ недостаточно; сверхъ того, одними этими условіями трудно объяснить одновременность оледенѣнія на всемъ земномъ шарѣ. Наиболѣе плодотворною является метеорологическая гипотеза Арреніуса, развитая особенно Экгольмомъ. Исходя изъ положенія, что углекислота прозрачна для тепловыхъ солнечныхъ лучей и задерживаетъ тепловые лучи отъ земли, Арреніусъ находитъ, что при увеличеніи количества углекислоты въ атмосферѣ въ геометрической прогрессіи, температура увеличивается въ ариѳметической прогрессіи. По его вычисленіямъ выходитъ, что если принять количество углекислоты въ воздухѣ въ $2^1/_2$—3 раза болѣе нынѣшняго, то температура въ арктической области должна быть на 8°—9° выше; при количествѣ же углекислоты меньшемъ на 0,62—0,55 нынѣшняго, температура въ широтахъ 40°—50° должна понизиться на 4°—5°, т. е. быть такою, какъ принято для ледниковой эпохи. Такія измѣненія температуры должны наступать одновременно на всемъ земномъ шарѣ. Количество углекислоты въ атмосферѣ безъ сомнѣнія подлежитъ колебаніямъ.

Источникомъ постояннаго пополненія углекислоты, расходуемой главнымъ образомъ на образованіе известняковъ,

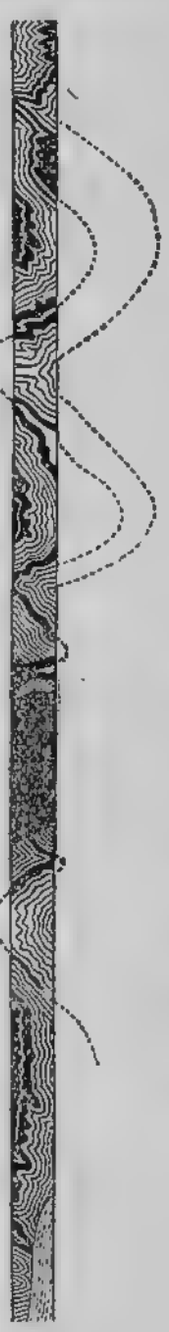
являются вулканическія изверженія; въ періоды вулканической дѣятельности, углекислота доставляется въ атмосферу въ большемъ или меньшемъ количествѣ. Но чѣмъ больше углекислоты въ воздухѣ, тѣмъ болѣе задерживаются тепловые лучи, испускаемые земною поверхностью въ небесное пространство, и, слѣдовательно, тѣмъ выше температура на землѣ. Подобныя условія создаютъ теплый климатъ, а противоположныя холодный.

Марчи также считаетъ колебанія въ составѣ атмосферы причиною колебанія климатовъ, и также сводитъ эти колебанія на измѣненія въ напряженіи вулканическихъ силъ, но, по его мнѣнію, въ этомъ случаѣ роль играютъ водяные пары, а не углекислота, причемъ теплые періоды должны совпадать съ большею прозрачностью атмосферы, т. е. съ меньшимъ содержаніемъ паровъ въ воздухѣ и, слѣдовательно, съ періодомъ ослабленія вулканической дѣятельности. Арреніусъ, оспаривая это положеніе Марчи, находитъ, что Марчи пренебрегаетъ вопросомъ объ относительной влажности, которая играетъ бо́льшую роль въ теплопрозрачности атмосферы, чѣмъ абсолютное количество паровъ. Третичный періодъ считается временемъ сильной вулканической дѣятельности, а между тѣмъ въ этомъ періодѣ неизвѣстно ледниковой эпохи, и это обстоятельство говоритъ противъ гипотезы Марчи и въ пользу гипотезы Арреніуса.

Заключеніе. Подводя итогъ совмѣстной дѣятельности атмосферы и водъ, мы видимъ, что эта дѣятельность выражается главнымъ образомъ въ механическомъ и химическомъ разрушеніи материковыхъ массъ и въ перемѣщеніи ихъ.

Раздробленныя части, непосредственно, или съ водными и ледяными потоками, спускаются съ высшаго уровня на низшій и производятъ этимъ путемъ подравниваніе уровней. Съ какою быстротою идетъ такое подравниваніе нѣтъ возможности, по имѣющимся теперь даннымъ, опредѣлить сколько нибудь точно, и всѣ выводы въ этомъ отношеніи надо признать мало обоснован-

ными, но все же они не лишены интереса, давая, хотя приблизительное, представленіе о величинѣ разрушенія. Такъ, между прочимъ, вычислено, что общее количество ежегодно разрушаемыхъ водою массъ понижаетъ сушу на 0,11 мм., и чтобы сравнять всѣ материки, достигающіе теперь въ среднемъ около 2300 футъ высоты, достаточно $4^1/_2$ мил. лѣтъ. Во всякомъ случаѣ, подъ вліяніемъ атмосферы и водъ, всѣ высокія горы въ концѣ концовъ должны исчезнуть и превратиться въ плоскія равнины. И въ настоящее время многія горныя группы, вслѣдствіе размыва и вывѣтриванія, представляютъ лишь развалины нѣкогда высокихъ горныхъ цѣпей, какъ напр. центральное плоскогорье Франціи, Богемскій лѣсъ и т. п., а нѣкогда горныя страны превратились въ равнины (чер. 159). Но рельефъ земной поверхности находится не подъ однимъ вліяніемъ атмосферы и водъ; выравнивающему дѣйствію этихъ факторовъ противодѣйствуютъ внутреннія силы земли, вызывающія поднятіе и опусканіе извѣстныхъ участковъ. Гдѣ рельефъ сложнѣе, тамъ преобладаютъ послѣднія силы; тамъ же, гдѣ мы встрѣчаемъ лишь слегка волнистую поверхность, тамъ имѣютъ перевѣсъ выравнивающіе, внѣшнія силы земли. Общая картина нынѣшняго рельефа и расчлененія земной поверхности представляетъ собою, такимъ образомъ, результатъ борьбы внутреннихъ и внѣшнихъ силъ земли.



Чер. 159. Разрѣзъ архейскихъ отложеній Канады на протяженіи отъ Иститъ Насіонъ до С. Жерома. Размываніе уничтожило складки, изобр. пунктиромъ, и превратило горную страну въ равнину.

ОТДѢЛЪ II.

ГИДРОЛОГІЯ МОРЯ.

ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ РАСЧЛЕНЕНІЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.

Распредѣленіе суши и водъ.

Земная поверхность состоитъ изъ суши и водъ, при чемъ на долю суши приходится меньше пространства, чѣмъ на воды. Для опредѣленія количественнаго отношенія водъ къ сушѣ надо измѣрить по картамъ то и другое, или же только одинъ изъ этихъ элементовъ и вычесть его изъ всей поверхности земли. Въ обоихъ случаяхъ, однако, при современномъ состояніи географіи, могутъ получиться только приближенные выводы. Въ самомъ дѣлѣ, болѣе 4% всей поверхности земли намъ вовсе неизвѣстны, и, затѣмъ, не знаемъ также истиннаго вида земного шара, что исключаетъ возможность точнаго вычисленія его поверхности.

Что касается неизвѣстныхъ намъ областей, то въ вопросѣ о протяженіи суши и водъ важнѣе всего было бы имѣть свѣдѣнія о близъполюсныхъ странахъ. Полярныя экспедиціи въ этомъ отношеніи заставляютъ еще желать многаго. Изъ данныхъ арктическихъ экспедицій (см. Введеніе, полярныя экспе-

диціи) можно лишь заключить, что сѣверный полюсъ, хотя и окруженъ льдомъ, но льдомъ движущимся, съ которымъ можно довольно близко подойти къ полюсу. Вмѣстѣ съ тѣмъ большія глубины, измѣренныя Нансеномъ, говорятъ въ пользу отсутствія на сѣверномъ полюсѣ материка большихъ размѣровъ. Относительно же антарктической области наши свѣдѣнія крайне ничтожны. Сплошныя стѣны льда уже на границѣ этой области ставятъ большое препятствіе для изслѣдованія ея, а при такихъ условіяхъ едва ли можно дѣлать основательныя предположенія. Въ XVIII стол. считали, что на южномъ полюсѣ долженъ быть большой материкъ для уравновѣшенія массъ суши сѣвернаго полушарія. Въ половинѣ XIX стол. извѣстный основатель физической географіи моря, директоръ Вашингтонской Обсерваторіи, Мори, старался доказать противоположное, именно, обширность антарктическихъ водъ, и, по его мнѣнію, стоило лишь прорваться за ледяной барьеръ полярнаго круга и тамъ найдутъ открытое море. Доказательства Мори сводились почти исключительно на господство низкаго барометрическаго давленія вокругъ южнаго полюса, но новѣйшія экспедиціи „Antarctic“ и „Belgica“ показали, что за полярнымъ кругомъ начинается возрастаніе давленія. Въ то же время этими экспедиціями показываются малыя глубины моря къ западу отъ земли Грагама, а это въ связи съ подобнымъ же явленіемъ, найденнымъ Россомъ въ 1842 г. къ востоку отъ земли „Викторія“, заставляетъ полагать, что послѣдняя представляетъ значительный материкъ (кар. 2). Въ пользу такого материка — Антарктиды — говорятъ и присутствіе вулкановъ на „Викторіи“, открытыхъ Россомъ, и продукты разрушенія горныхъ породъ на днѣ антарктическаго моря и на плавающихъ тамъ льдахъ, и, наконецъ, громадность льдовъ, указывающая на мощный ледниковый покровъ, который могъ развиться только на материкѣ обширныхъ размѣровъ; ледяная стѣна, окружающая большую часть южнаго полярнаго круга, представляетъ по всей вѣроятности обрывъ упомянутаго покрова.

Такимъ образомъ, весьма вѣроятно существованіе Антарктиды, также какъ и вѣроятно отсутствіе обширнаго материка на сѣверномъ полюсѣ.

Картографическія вычисленія поверхности суши произведены въ новѣйшее время Гейдерихомъ (1891 г.) и Вагнеромъ (1895 г.). По вычисленіямъ Вагнера [29]), принимая для размѣровъ земного шара данныя Бесселя, получается

пов. земли = 9.179 т. кв. г. м. (509.950 тыс. кв. кил.).
„ суши = 2.600 „ „ „ „ (144.449 „ „ „).

отсюда пов. воды = 6.579 т. кв. г. м. (365.501 тыс. кв. кил.).

Слѣдовательно, на долю суши приходится 28,3%, а на воды 71,7%, такъ что отношеніе суши къ водамъ равно 1 : 2,53. Если исключить вовсе неизвѣстныя полярныя области, то вышеупомянутое отношеніе сведется на 1 : 2,60.

Вагнеръ, разобравъ критически вычисленія Гейдериха, а также и болѣе раннія Мёррея (1886 г.) и непосредственныя измѣренія поверхности водъ Крюммеля (1881 г.) и Карстенса (1894 г.), находитъ, что наиболѣе вѣроятнымъ отношеніемъ (включая Антарктиду) надо признать круглымъ числомъ 28 : 72 или 1 : 2,5.

Такимъ образомъ, воды охватываютъ поверхность въ $2\frac{1}{2}$ раза большую, чѣмъ суша.

Кромѣ неравенства величинъ поверхности водъ и суши, распредѣленіе ихъ также крайне неравномѣрно. Массы суши преимущественно (около $\frac{2}{3}$) располагаются въ сѣверномъ полушаріи; по сравненіи же съ водами имѣемъ въ сѣверномъ полушаріи 40% суши, а въ южномъ только 17%. Вычисленія для восточнаго и западнаго полушарій (относ. Гринвич. мерид.) даютъ: для перваго 35%, а для второго 20% суши. Такимъ образомъ, суша выступаетъ главнымъ образомъ въ сѣверномъ и восточномъ полушаріяхъ, но и здѣсь она все же уступаетъ первое мѣсто водамъ. Приведемъ здѣсь еще табличку Вагнера отно-

сительной величины суши въ процентахъ, по поясамъ, черезъ каждые 10° широты, при чемъ гипотетическія числа заключены въ скобки.

Пояса.	Сѣверное полушаріе.	Южное полушаріе.
0—10	22.8	23.6
10—20	26.3	22.1
20—30	37.6	23.1
30—40	42.8	11.4
40—50	52.3	3.2
50—60	56.9	0.8
60—70	71.4	(5)
70—80	28.8	(50)
80—90	(25)	

Подобная же табличка Гейдериха обнаруживаетъ разницу до 3,9% въ поясѣ 70°—80° сѣв. шир. и до 1,3% въ поясѣ 30°—40° южн. шир., въ остальномъ же она согласуется съ Вагнеровскою съ точностью до 1%. Такая точность болѣе чѣмъ достаточна для цѣлей физической географіи.

Отсюда видимъ, что, если не принимать въ расчетъ гипотетической Антарктиды, только сѣверный умѣренный поясъ въ широтахъ 40°—70° обнаруживаетъ преобладаніе суши, особенно между параллелями 60°—70°, тогда какъ въ поясѣ 40°—50° сѣв. шир. поверхность суши и водъ почти равны. Въ то же время въ южномъ полушаріи тотъ же поясъ 40°—70° почти весь занятъ водами.

Для характеристики неравномѣрности въ распредѣленіи суши и водъ укажемъ еще, что главнѣйшія массы суши такъ сгруппированы, что можно раздѣлить весь земной шаръ на два полушарія — одно, состоящее почти исключительно изъ водъ, а другое изъ суши; полюсъ перваго полушарія лежитъ въ Но-

вой Зеландіи, а полюсъ второго — вблизи Парижа (48° сѣв. шир. $1\frac{1}{2}°$ в. д. отъ Гр.).

Суша и морскіе берега.

Дѣленіе суши. Суша выступаетъ изъ-подъ водъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ или въ видѣ значительныхъ непрерывныхъ массъ, извѣстныхъ подъ именемъ материковъ, или въ видѣ небольшихъ участковъ, острововъ, то окаймляющихъ материки, то стоящихъ группами или одиноко среди безбрежнаго океана. Какъ материки, такъ и острова, омываются со всѣхъ сторонъ водами, но они различаются какъ по величинѣ, такъ и по происхожденію. Наименьшій изъ материковъ, Австралія, почти въ $3\frac{1}{2}$ раза больше наибольшаго изъ острововъ, Гренландіи; въ отношеніи же происхожденія материки представляютъ первозданныя формы суши, обнажившіяся въ раннюю геологическую эпоху и лишь измѣнявшіяся, быть можетъ, только въ частностяхъ, тогда какъ острова образовались большею частью позже, геологическою ли дѣятельностью водъ или вулканическими изверженіями и т. п.

Материки. Классификацію материковъ можно принять двоякую, смотря по тому, принять ли въ основу дѣленія нынѣшнюю раздѣльность материковъ, или ту, которая имѣла мѣсто, согласно геологическимъ изслѣдованіямъ, въ сравнительно недавнюю геологическую эпоху. Въ первомъ случаѣ имѣемъ три группы: 1) Европу—Азію—Африку; 2) Австралію; 3) С.-Ю. Америку; при чемъ первыя двѣ группы входятъ въ восточное полушаріе, а послѣдняя въ западное (относ. мер. Ферро). Съ геологической же точки зрѣнія Европа и Африка должны составить одну пару, а Азія и Австралія другую пару материковъ. Такое сочетаніе основывается на томъ, что, съ одной стороны, Суэзскій перешеекъ, превращенный уже человѣкомъ въ XIX стол. въ каналъ, образованъ лишь новѣйшими

наносами, а съ другой—раздѣленіе Африки отъ Европы, равно какъ и соединеніе послѣдней съ Азіею, можно считать сравнительно недавнимъ геологическимъ событіемъ. Сходство флоры и фауны Сѣв. Африки и Европы доказываетъ недавнюю ихъ связь, а Европа еще въ концѣ третичнаго періода отдѣлялась отъ Азіи широкимъ проливомъ, тянувшимся по Западно-Сибирской и Арало-Каспійской низменности. Что же касается пары Азія — Австралія, то цѣлый рядъ острововъ, тянущихся отъ одного материка къ другому и представляющихъ, по выраженію Реклю, „груды обрушеннаго моста“, указываетъ на возможную нѣкогда связь между этими материками, и, согласно изслѣдованіямъ Уолесса, надо полагать, что раздѣленіе ихъ произошло въ третичномъ періодѣ и впервые по проливу между Бали и Лембокъ.

Наконецъ, С. и Ю. Америки соединились только въ третичномъ періодѣ, что доказывается, какъ различіемъ геологическаго состава обоихъ материковъ отъ породъ Панамскаго перешейка (состоящихъ изъ вулканическихъ и намывныхъ отложеній недавняго образованія), такъ и сходствомъ рыбъ и морскихъ моллюсковъ Атлантическаго и Тихаго океановъ вблизи перешейка.

Такимъ образомъ, принимая въ расчетъ геологическое прошлое материковъ, можно подраздѣлить ихъ на три самостоятельныя пары: Европа — Африка, Азія — Австралія, С. — Ю. Америка. Къ этимъ группамъ слѣдуетъ присоединить еще Антарктиду.

Внѣшнія очертанія и расположеніе материковыхъ группъ приводятъ къ установленію въ нихъ нѣкотораго подобія формъ, называемыхъ географическими гомологіями. Такъ, сѣверныя части всѣхъ материковъ расширены, при чемъ материки сѣвернаго полушарія оканчиваются полуостровами (Пиринейскій, Аппенинскій, Балканскій — въ Европѣ; Аравія, Остъ-Индія, Индо-Китай — въ Азіи; Калифорнія, Флорида — въ С. Америкѣ); южные материки имѣютъ къ югу клинообразное

заостреніе (причисляя Тасманію къ Австраліи), съ заливами на западной сторонѣ (Арика—въ южной Америкѣ; Гвинейскій—въ Африкѣ, Австралійскій—въ Австраліи), выступами на восточной (мысы С. Рока, Гвардафуй и Байрона), и средиматериковыми морями на сѣверной сторонѣ (Караибское, Средиземное, Азіатско-Австралійское).

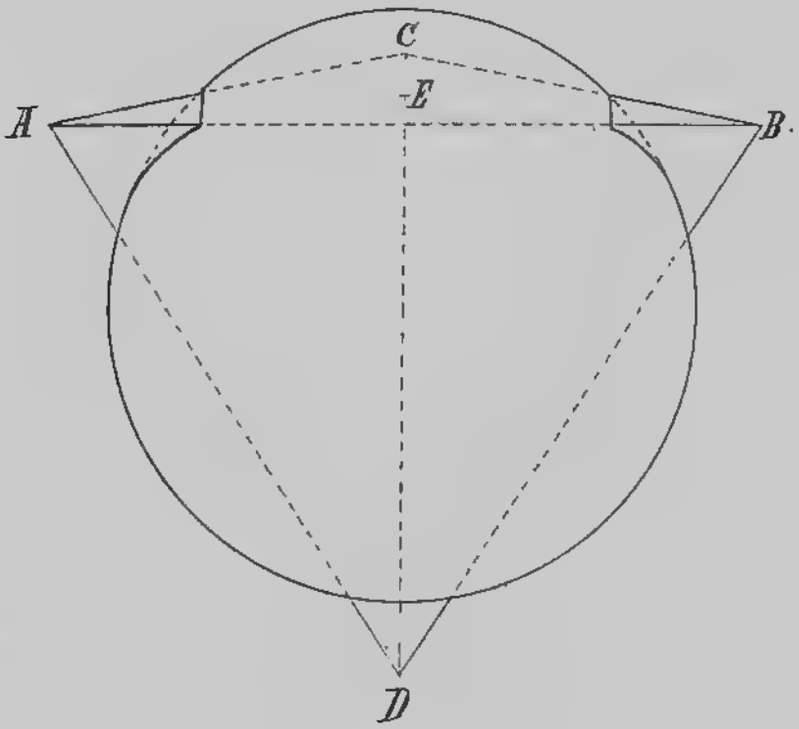
Подборомъ такихъ гомологій географы полагали выяснить нѣкоторую закономѣрность въ распредѣленіи материковъ и найти причины ея. Форстеръ, спутникъ Кука, Палласъ и Гумбольдтъ пытались объяснить формы материковъ повсемѣстнымъ движеніемъ водъ, съ юга на сѣверъ или съ юго-запада на сѣверо-востокъ, напоромъ которыхъ заострились южные материки и образовались заливы на западной ихъ сторонѣ. Адемаръ указывалъ и на причины такого движенія, хотя по его мнѣнію движеніе должно было быть съ сѣвера на югъ. Исходя изъ своей гипотезы о періодичности всемірныхъ потоповъ (стр. 272), Адемаръ полагалъ, что накопленіе льдовъ въ одномъ изъ полюсовъ должно перемѣщать центръ тяжести земли, и для возстановленія равновѣсія долженъ являться стремительный водяной потокъ изъ болѣе оледенѣлаго полюса къ другому. Подобное движеніе водъ, по гипотезѣ Адемара, имѣло мѣсто около 10 тыс. лѣтъ тому назадъ съ сѣвернаго полюса къ южному, и имъ то оголились на сѣверѣ низменности и заострились южныя возвышенности материковъ.

Гипотеза Адемара, такимъ образомъ, объясняетъ только расширеніе сѣверныхъ материковъ и суженіе южныхъ, не касаясь вопроса о формѣ первозданныхъ материковъ. Эта гипотеза, какъ мы видѣли выше при изложеніи ледниковыхъ гипотезъ, не выдерживаетъ строгой критики даже въ самомъ своемъ основномъ положеніи.

Другія гипотезы по этому вопросу пытаются подвести очертанія суши къ правильной геометрической фигурѣ. Такъ, Гринъ [30]), котораго гипотезу считаетъ геологъ Лаппаранъ наиболѣе вѣроятною, уподобляетъ материки формѣ нѣсколько

измѣненнаго тетраэдра (гексатетраэдръ, т. е. тетраэдръ съ 6-и угольными гранями, на которыхъ построены шестигранныя пирамиды). Такая форма, по мнѣнію Грина, свойственна сферической поверхности, которая ложится въ складки подъ вліяніемъ уменьшенія внутренняго объема.

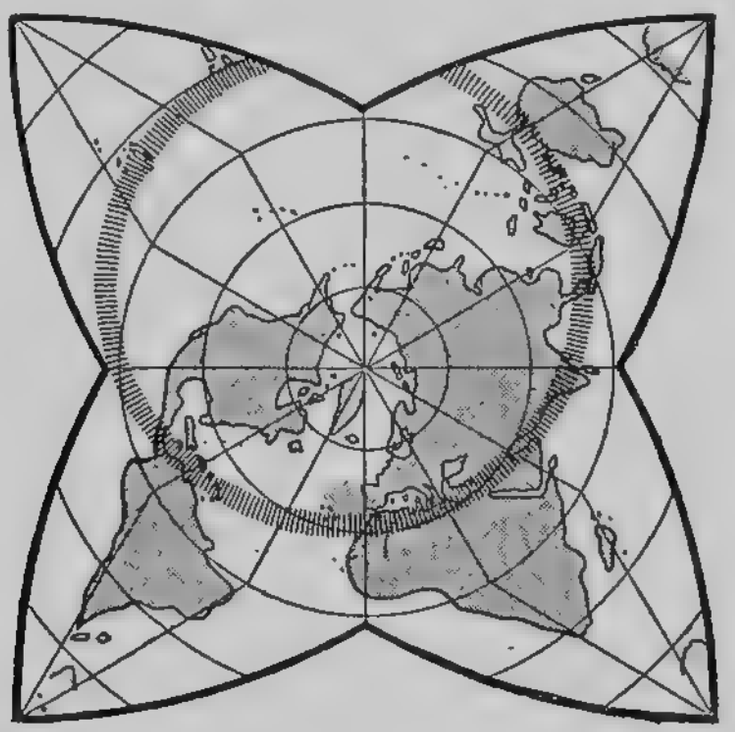
Принявъ, что твердая кора земли, вслѣдствіе охлажденія и сокращенія своего ядра, должна принять форму тетраэдра ABCD (чер. 160), вращающагося около одной изъ главныхъ



Чер. 160.

осей DE, тогда какъ водная поверхность останется сферической, слегка вспученною по экватору и съ центромъ въ центрѣ тяжести пирамиды, Гринъ указываетъ, что при такихъ условіяхъ въ сѣверномъ полушаріи должны обнаружиться три симметрическихъ выступа суши, съ воднымъ центромъ на сѣверномъ полюсѣ, а на южномъ полюсѣ — четвертый материковый выступъ. Первые три материка, расходясь и оканчиваясь къ югу заостреніями, образуютъ между собою и четвертымъ вы-

ступомъ впадины для собранія всемірныхъ водъ. Далѣе, Гринъ указываетъ, что, при образованіи выступовъ, скорости вращенія около оси отъ запада къ востоку различныхъ точекъ сфероида должны были измѣниться; такъ, поясъ сфероида, включающій три выступа сѣвернаго полушарія, удалявшихся отъ оси вращенія, долженъ былъ отстать отъ экваторіальнаго пояса, т. е. отклониться къ западу, тогда какъ поясъ съ выступомъ D, приближавшимся къ оси вращенія, долженъ былъ обнаружить



Чер. 161. Карта земли въ Штейнгаузерской звѣздной проекціи.

избытокъ скорости и отклонилъ южную зону къ востоку. Такимъ образомъ, тетраэдръ подвергнутъ былъ крученію, которое должно было породить линію разлома между сѣверными и южными частями и отклонить южныя части материковъ къ востоку относительно сѣверныхъ. Представленіе Грина довольно хорошо подходитъ къ дѣйствительному распредѣленію материковъ и относительному ихъ положенію, если классифицировать сушу на вышеупомянутыя нами три самостоятельныя пары мате-

риковъ, Европу — Африку, Азію — Австралію, С. — Ю. Америки и четвертый антарктическій материкъ. Наглядно такое распредѣленіе можно иллюстрировать на плоскости чер. 161, представляющемъ карту земли въ Штейнгаузерской звѣздной проекціи, при чемъ заштрихованный кругъ представляетъ поясъ, замѣчательный по дѣятельности вулкановъ и огромнымъ срединатериковымъ впадинамъ, названный Гохштеттеромъ поясомъ разлома. Этотъ поясъ однако не параллеленъ экватору, какъ бы слѣдовало по Грину, но Гринъ пытается свести причины этого на приливы въ жидкомъ ядрѣ земли. Идея Грина, само собою разумѣется, ведетъ къ положенію о неизмѣнности въ главныхъ чертахъ распредѣленія суши въ теченіе геологическихъ періодовъ, положенію, которое, впрочемъ, многіе геологи признаютъ вѣроятнымъ. Въ пользу Грина Лаппаранъ указываетъ, что геологическія изслѣдованія допускаютъ пока вѣроятность появленія съ самыхъ древнихъ геологическихъ временъ трехъ наиболѣе устойчивыхъ, относительно складчатости, материковыхъ областей — сѣверная область Соединенныхъ Штатовъ Сѣв. Америки съ Гудзоновымъ заливомъ, Русская равнина съ Финляндіею и Скандинавіею и восточная Сибирская Область; центры этихъ областей лежатъ почти на той же параллели и на равноотстоящихъ по долготѣ меридіанахъ (на 120°). Въ этихъ трехъ устойчивыхъ областяхъ Лаппаронъ и видитъ три первые выступа, которые обнаружились на земномъ сфероидѣ въ сѣверномъ полушаріи при первоначальной деформаціи его подъ вліяніемъ уменьшенія объема внутренняго ядра.

Преобразованіе сферической поверхности въ тетраэдровидную, подъ дѣйствіемъ сокращенія внутренняго объема, Гринъ основываетъ на опытахъ надъ сплющиваніемъ трубокъ, каучуковыхъ баллоновъ, газовыхъ шаровъ, освобождающихся отъ газа, и т. п.; также, исходя изъ соображеній, что отношеніе поверхности къ объему въ сфероидѣ по сравненію съ другими правильными геометрическими тѣлами минимальное, а въ те-

траэдрѣ максимальное, можно признать, что форма тетраэдра лучше всего подходитъ къ сфероиду, поверхность котораго должна приспособляться къ уменьшающемуся внутреннему объему. Въ примѣненіи однако къ преобразованію первоначальнаго земного сфероида въ современный вышеуказанные доводы мало убѣдительны, и основное положеніе Грина нельзя не признать все же произвольнымъ.

Что касается вопроса о замѣчаемыхъ подобіяхъ въ материкахъ, то при всемъ постоянствѣ материковъ въ главныхъ чертахъ, внѣшнія очертанія первозданныхъ материковъ не могли не испытать существенныхъ измѣненій подъ вліяніемъ тектоническихъ и денудаціонныхъ процессовъ, дѣйствовавшихъ во всѣ геологическіе періоды, а потому и вопросъ о закономѣрности въ распредѣленіи материковъ, исходя изъ внѣшнихъ гомологій, едва ли можетъ получить удовлетворительное рѣшеніе.

Острова. Поверхность всѣхъ острововъ занимаетъ 7,2% поверхности суши (по нов. вычисленіямъ Вагнера), при чемъ нѣсколько больше половины приходится на 23 острова, а остальная часть распредѣляется между безчисленнымъ множествомъ маленькихъ острововъ. Острова большею частью располагаются группами, или составляютъ ряды, рѣдко они лежатъ особнякомъ, какъ, напр., островъ Св. Елены.

Изслѣдованіе острововъ показываетъ, что нѣкоторые изъ нихъ представляютъ оторванныя или остаточныя части континента или намывныя, а другіе обязаны своимъ происхожденіемъ вулканической силѣ или постройкамъ коралловъ. Сообразно съ этимъ раздѣляютъ острова на континентальные, вулканическіе и коралловые; послѣдніе два типа геологъ Бухъ назвалъ морскими или океаническими, такъ какъ они обыкновенно лежатъ вдали отъ континентовъ, посреди океановъ, а если и случаются близъ континента, то никакого соотношенія къ нему не имѣютъ.

Континентальные острова обыкновенно расположены вблизи континентовъ, параллельно берегамъ, или являются

какъ-бы продолженіемъ полуострововъ континента; горныя цѣпи на нихъ также или параллельны горамъ на близъ лежащемъ континентѣ или-же составляютъ ихъ продолженіе, при чемъ и геологическое строеніе ихъ большею частью болѣе или менѣе одинаково. Къ континентальнымъ островамъ принадлежатъ: Мадагаскаръ, Цейлонъ, Новая Гвинея, Австралійско-Азіатскій архипелагъ, Японскіе, Формоза, Курильскіе, Алеутскіе, Антильскіе, Великобританія, Ирландія и т. п. Послѣдніе вмѣстѣ съ Шотландскими, Оркадскими и Гебридскими, безъ сомнѣнія, были нѣкогда оторваны отъ Европы. Континентальные острова подраздѣляютъ на большее или меньшее число типовъ, въ зависимости отъ способа ихъ образованія, давности отдѣленія отъ материка, опредѣляемой фауною и флорою, отъ строенія береговъ, и т. п. Напримѣръ, Пешель, основываясь на біологическихъ данныхъ, различаетъ три типа континентальныхъ острововъ.

1) Оторванные отъ континента сравнительно недавно и потому сохранившіе ту же флору и фауну, какъ и на континентѣ, и не успѣвшіе еще развить самостоятельные виды. Такіе острова, напр., Британскіе острова, Новая Гвинея.

2) Древніе прибрежные острова, отдѣленные отъ континента въ одну изъ прежнихъ геологическихъ эпохъ; на нихъ флора и фауна континента успѣла уже значительно измѣниться, и если отдѣленіе острова состоялось очень давно, то могло произойти даже типическое измѣненіе видовъ. Примѣры: Тасманія (отд. отъ Австраліи), Новая Каледонія, Новая Зеландія и т. п.

3) Остатки несуществующихъ континентовъ, или, какъ Пешель называетъ, сжавшіяся части свѣта. Здѣсь замѣчается уже богатство самостоятельныхъ видовъ животнаго и растительнаго царства. Примѣръ: Австралія въ отношеніи южной Азіи, Мадагаскаръ съ Сейшельскими островами, Цейлонъ.

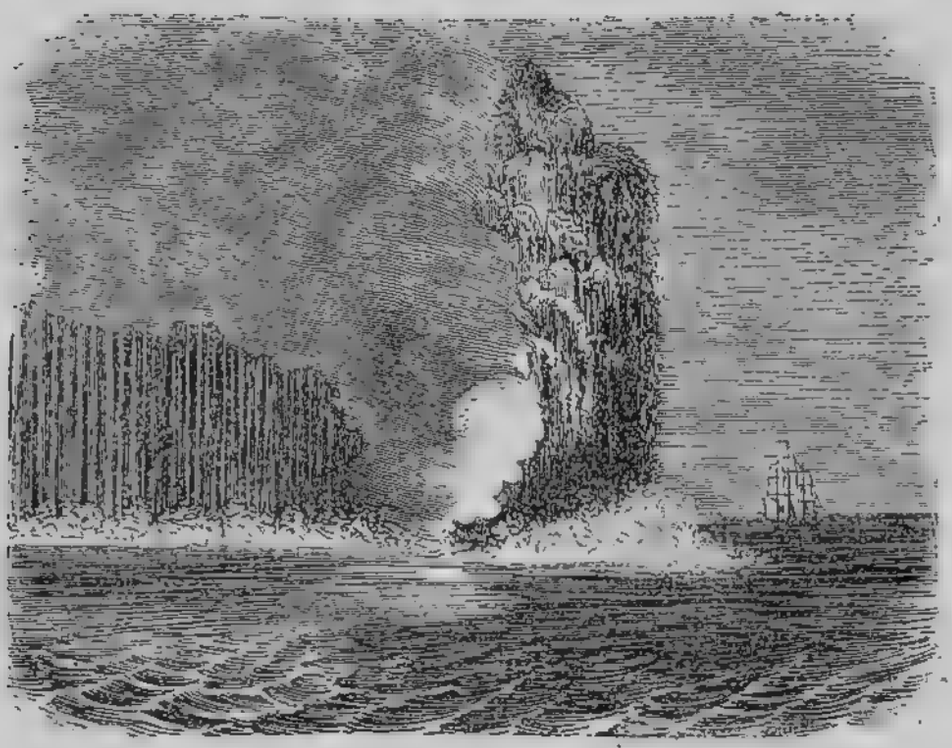
Вулканическіе острова, названные Бухомъ высокими морскими, имѣютъ большею частью конусообразный видъ. Бухъ

изслѣдовалъ эти острова въ группѣ Канарскихъ острововъ. На вершинѣ острова значительная круглая съ вертикальными обрывами (болѣе 4000 ф.) котловина, которую жители называютъ кальдерою; отъ послѣдней идутъ по сторонамъ болѣе или менѣе глубокія долины, постепенно расширяющіяся книзу, называемыя баранкосами. Бухъ составилъ такую теорію происхожденія вулканическихъ острововъ. Сначала, говоритъ онъ, дно морское было приподнято вулканическою силою до нѣкоторой высоты, на которой наконецъ почва прорвалась, дала нѣсколько трещинъ, изъ-подъ коры выступила лава, которая и залила всѣ трещины. Такимъ образомъ, по мнѣнію Буха, изверженія при этомъ не было, а было только поднятіе почвы, почему онъ и называлъ кальдеру кратеромъ поднятія, въ отличіе отъ кратеровъ изверженія, т. е. кратеровъ, извергающихъ разные вулканическіе продукты. Баранкосы Бухъ считалъ трещинами, залитыми лавою.

Но позднѣйшіе изслѣдователи показали, что многіе вулканическіе острова, хотя и не обнаруживаютъ видимыхъ признаковъ вулкановъ, все-таки образовались изъ продуктовъ изверженія вулкановъ, но такихъ, которые дѣйствовали въ прежнюю, болѣе или менѣе отдаленную эпоху, и что съ тѣхъ поръ они претерпѣли столь значительное измѣненіе, что уже въ составныхъ ихъ частяхъ не находятъ характерныхъ признаковъ вулкановъ, образующихся на нашихъ глазахъ. Поднятіе же здѣсь если и было, то лишь въ слабой степени. Дѣйствіемъ затѣмъ водъ разрушены на такихъ островахъ бока кратера и образованы долины-баранкосы; слѣдовательно, кальдера есть не что иное, какъ кратеръ изверженія, а баранкосы — не трещины, а долины промытыя водою, стремившейся съ вершины острова. Если бы мнѣніе Буха было справедливо, то баранкосы, какъ трещины, расширялись-бы къ кальдерѣ, а не книзу.

Подводныя изверженія и образованіе изъ вулканическихъ продуктовъ острововъ замѣчались и въ историческое время,

чѣмъ косвенно подтверждается позднѣйшая теорія происхожденія вулканическихъ острововъ. — Такъ, въ 1783 г., миляхъ въ 30 къ SW отъ Исландіи, сначала поднялся столбъ изъ воды и дыма, море покрылось пемзою и шлакомъ на пространствѣ около 150 миль, и вскорѣ затѣмъ обнаружился на этомъ мѣстѣ конусообразный островъ, значительно возвышающійся надъ уровнемъ моря; черезъ годъ этотъ островъ скрылся. — Въ 1811 году, въ ряду Азорскихъ острововъ, противъ острова



Чер. 162. Образованіе острова Сабрина.

Св. Михаила, такимъ-же путемъ образовался островъ, названный Сабрина (чер. 162); конусъ его возвышался надъ водою до 300 ф., въ разстояніи 50 ф. отъ берега глубина была 150 футъ. Внутри острова находился круглый кратеръ, который посредствомъ отверстія сообщался съ моремъ и изъ него постоянно била ключемъ кипящая вода. Изверженіе началось въ январѣ, въ іюлѣ островъ былъ около 1 англ. мили въ окружности, а въ октябрѣ сталъ уже постепенно уменьшаться.

Въ 1823 году на мѣстѣ острова этого была глубина около 360 футъ.

Также въ 1831 году, къ югу отъ Сициліи, на мѣстѣ, гдѣ глубина была болѣе 600 ф., послѣ подземныхъ ударовъ, повторявшихся по временамъ въ теченіе почти двухъ недѣль, начиная съ 28 іюня, послѣдовали взрывы и поднялся водяной столбъ до 60 ф. высоты. Послѣднія явленія замѣчены были проходившими мимо судами 8-го и 10-го іюля, а 18-го іюля появился уже островъ надъ уровнемъ моря до 12 ф. высотою; изъ кратера острова поднимался огромный столбъ дыма и вылетали камни. Море было усѣяно пемзою, шлаками и мертвой рыбой. Изверженія затѣмъ продолжались, и въ концѣ іюля высота острова достигла 60 футъ. Продукты изверженій выбрасывались до 600 футъ высоты. 29-го сентября высота острова была уже 215 футъ и окружность до 2000 футъ. Островъ стали посѣщать многіе ученые и геологи. 28-го декабря островъ исчезъ, оставивъ на своемъ мѣстѣ подводную мель. Въ теченіе кратковременнаго существованія острова ему успѣли уже дать нѣсколько названій: Фердинандеа, Юліи и др. и даже чуть было не возникло между нѣкоторыми государствами недоразумѣній по вопросу, кому завладѣть этимъ островомъ. Въ этой же мѣстности происходили подводныя изверженія нерѣдко и во 2-й половинѣ минувшаго столѣтія.

Но самый большой изъ поднявшихся въ историческія времена со дна моря вулканическихъ острововъ — островъ Іоанна Богослова (кар. 3), который началъ показываться въ 1796 году, а въ 1819 году имѣлъ 4 геогр. мили въ окружности и 2100 футъ высоты, но затѣмъ его размѣры стали уменьшаться, но все же и въ концѣ XIX стол. высота его достигала 300 футъ. Въ 1883 г. вблизи этого острова произошло изверженіе, образовавшее новый островъ Гревинка, а въ 1890 году появилось еще три острова.

Подобные факты ведутъ къ заключенію, что острова путемъ изверженія могутъ достигать довольно значительной

высоты. Если же мы примемъ во вниманіе, что подводныя изверженія, образованіе острова, его погруженіе и новое его образованіе на одномъ и томъ же мѣстѣ, могутъ повторяться много разъ, черезъ болѣе или менѣе значительные промежутки времени, то станетъ вполнѣ понятнымъ возможность происхожденія такимъ путемъ острова среди океана изъ продуктовъ изверженія. Если, затѣмъ, вулканическая дѣятельность прекратится, а островъ подъ дѣйствіемъ морскихъ водъ и атмосферныхъ осадковъ будетъ измѣняться въ теченіе долгаго времени, то въ результатѣ только его конусообразный видъ будетъ напоминать намъ о тѣхъ силахъ, которыя вызвали его существованіе. Слѣдуетъ замѣтить, что не всѣ тѣ острова причисляются къ вулканическимъ, на которыхъ есть дѣйствующіе или даже и погасшіе вулканы. Многіе изъ такихъ острововъ могутъ быть континентальные, какъ напр., Ява. Здѣсь вулканы играютъ такую же роль, какъ и на материкѣ, тогда какъ на вулканическихъ островахъ они составляютъ главную причину образованія острова.

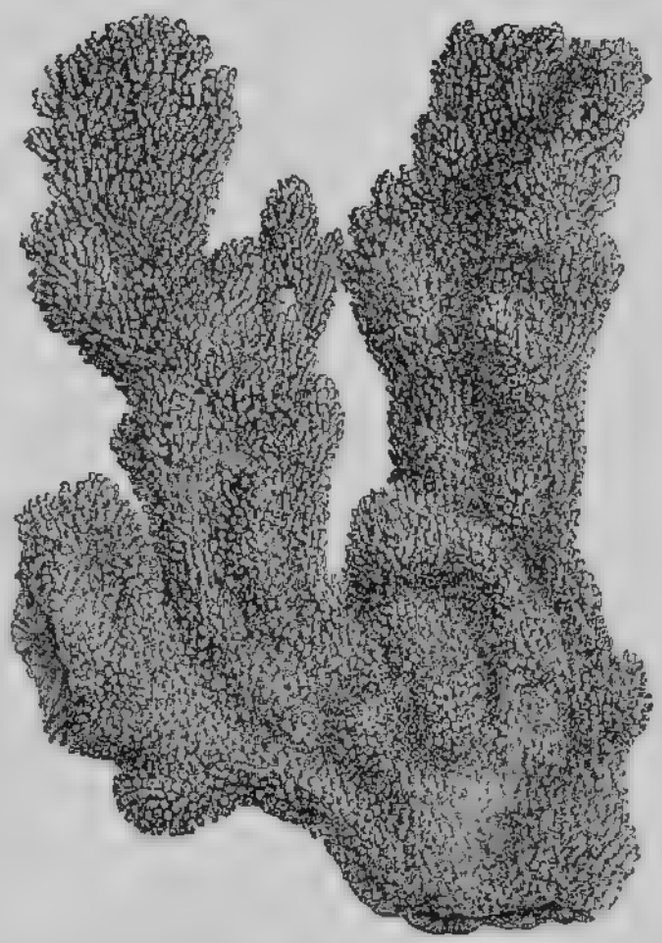
Между вулканическими островами Пешель различаетъ два типа въ зависимости отъ давности ихъ образованія, а именно:

1) Острова древніе, образовавшіеся въ древнѣйшіе геологическіе періоды. На такихъ островахъ растительное и животное царства имѣютъ свои собственные виды или остатки видовъ, вымершихъ на континентахъ. Примѣры: Мадейра, Вознесенія, Св. Елены, Галапагосскіе, Фиджи, Бурбонъ, Маврикій, Филиппинскіе и т. п.

2) Новѣйшіе острова, поднявшіеся со дна моря въ позднѣйшую геологическую эпоху — эти острова имѣютъ довольно богатую флору и фауну, но самостоятельныхъ видовъ еще не успѣли развить. Примѣры: Маріанскіе острова, Св. Павла, Нов. Амстердамъ и т. д.

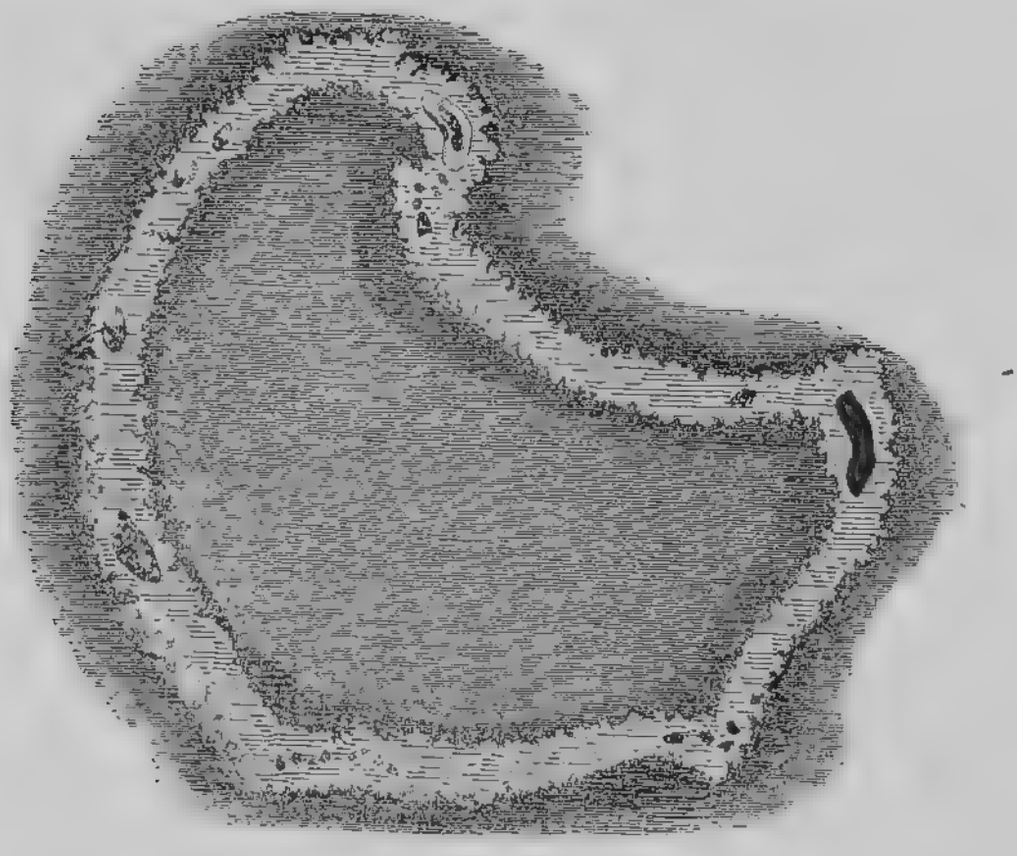
Коралловые острова. Эти острова, называемые также атоллами, строятся полипами. Полипы принадлежатъ къ типу Zoophita (животнорастенія) и подраздѣляются на множество

видовъ, изъ которыхъ только нѣкоторые участвуютъ въ образованіи коралловыхъ сооруженій. Полипы выдѣляютъ изъ себя углекислую известь и окружаютъ себя ею какъ корою, въ видѣ трубокъ; множество такихъ трубочекъ, содержащихъ тысячи недѣлимыхъ, составляютъ безчисленные стволы, стоящіе рядомъ или другъ на другѣ, и представляютъ тѣ громадныя коралловыя сооруженія, которыя наблюдаются въ тропической полосѣ у береговъ материковъ и въ видѣ атоллъ. (Чер. 163). Стволы достигаютъ значительныхъ размѣровъ; для каждаго вида полиповъ существуетъ максимальный предѣлъ въ этомъ отношеніи. Нѣкоторые виды Porites, изъ группы мадреноръ, имѣютъ стволы въ поперечникѣ до 8—9 метр., причемъ на полость для жилища недѣлимыхъ приходится отъ 5—11 миллим., остальная же часть мертва. Виды Astгеа живутъ въ стволахъ до 9 метр. въ діаметрѣ, занимая въ нихъ мѣсто всего въ нѣсколько сантиметровъ. Для существованія полиповъ, воздвигающихъ постройки, необходима чистая, морская вода средней температуры не менѣе 18°—20° Ц. Это условіе показываетъ, почему мы встрѣчаемъ коралловыя постройки только въ тропической полосѣ или же гдѣ существуютъ



Чер. 163. Рифовый кораллъ изъ группы мадреноръ (Madrepora palmata).

теплыя теченія. Полипы не могутъ жить на большихъ глубинахъ, хотя для различныхъ видовъ предѣлъ глубины для ихъ жизни различный. Большинство ихъ умираетъ глубже 20 саж. отъ уровня отлива, но многіе живутъ еще и на нѣсколько большихъ глубинахъ. Полипы умираютъ внѣ воды, если отливъ ихъ обнажаетъ; также мутная и прѣсная вода убійственно дѣйствуетъ на полиповъ. На коралловыхъ постройкахъ гнѣз-



Чер. 164. Стюартовъ атоллъ.

дятся и многіе другіе низшіе организмы, выдѣляющіе также известь и находящіе себѣ здѣсь благопріятныя условія для существованія. Здѣсь находятъ также массу ежей, устрицъ и другихъ моллюсковъ. Относительно скорости наростанія построекъ полиповъ извѣстно очень мало. По наблюденіямъ доктора Аллана надъ такими постройками на восточномъ берегу Мадагаскара коралловый полипнякъ можетъ нарости до 1 фута толщины въ годъ; однако эти наблюденія не даютъ повода заклю-

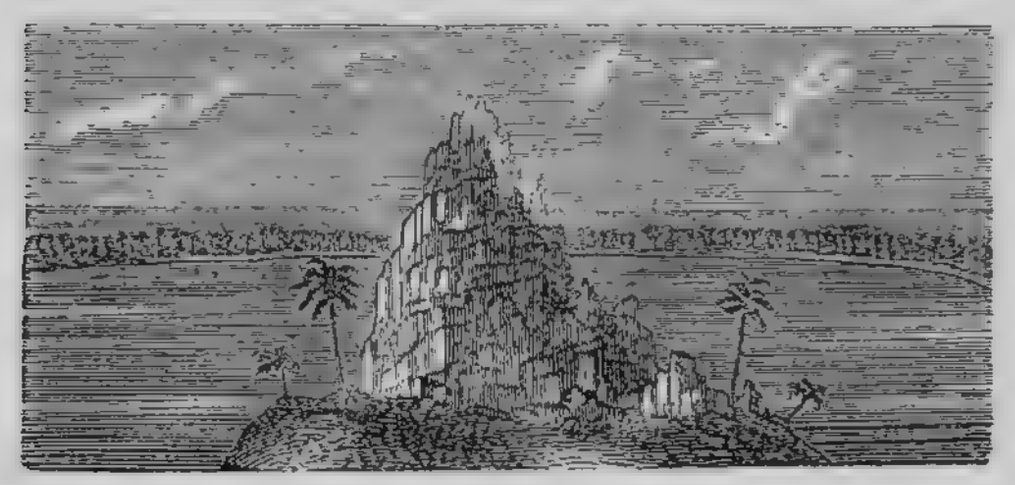
чить о скорости коралловыхъ построекъ, такъ какъ эта скорость въ большинствѣ случаевъ мала и не только разная для разныхъ видовъ полиповъ, но и обусловливается еще болѣе или менѣе благопріятною обстановкою для жизни полиповъ, какъ-то: глубиною, температурою, и т. п.

Атоллы представляютъ низкіе острова, болѣе или менѣе круглые, въ видѣ кольца, внутри котораго находится бассейнъ воды, называемый лагуною. Лагуна сообщается однимъ или нѣсколькими проливами съ океаномъ. Иногда только часть атолла въ видѣ отдѣльныхъ острововъ выступаетъ надъ уровнемъ моря, какъ напр., въ Стюартовомъ атоллѣ; на чер. 164 свѣтлые штрихи представляютъ кольцеобразную коралловую плотину, на которой черные кусочки соотвѣтствуютъ островкамъ, покрытымъ растительностью, а темные штрихи — морю. Иногда внутри лагуны возвышается островъ изъ осадочныхъ или вулканическихъ породъ. Высота атоллъ до 6—12 футъ, при чемъ (восточная) сторона, обращенная къ господствующему вѣтру и теченію, если такъ можно сказать — навѣтренная, всегда выше (западной) подвѣтренной; послѣдняя бываетъ настолько низменная, что во время прилива покрывается водою. Діаметръ атоллъ бываетъ очень различный — отъ 1 до 50 и даже до 100 верстъ. Въ лагунѣ глубина постепенно увеличивается до дна и рѣдко бываетъ больше 30 саж., при чемъ дно ровное, покрытое пескомъ и коралловыми буграми. Съ внѣшней стороны острова идетъ сначала плоскій уступъ, а затѣмъ вдругъ обрывъ на океанскую глубину. Ширина атоллъ около 200 саж., въ рѣдкихъ случаяхъ достигаетъ версты. Снаружи видъ атоллъ обыкновенно однообразный, бѣлый, такъ что легко принять одинъ островъ за другой. Растетъ на нихъ преимущественно кокосовая пальма; и вообще зелень довольно густая, такъ какъ верхній слой почвы чрезвычайно плодородный.

Кромѣ атоллъ, коралловыя постройки наблюдаются еще въ видѣ береговыхъ рифовъ, окаймляющихъ берега материковъ или острововъ вплотную, или барьерныхъ рифовъ, образую-

щихъ плотины на огромномъ протяженіи параллельно материку или острову (чер. 165), отдѣленные отъ послѣднихъ каналами глубиною иногда до 300 футъ. Атоллъ, въ лагунѣ котораго возвышается островъ некоралловаго происхожденія, есть собственно рифъ или кольцеобразная плотина вокругъ острова.

Атоллы встрѣчаются преимущественно въ Тихомъ океанѣ, гдѣ они, начиная отъ Каролинскихъ острововъ, разбросаны почти по всей тропической области, до меридіана 130° з. д.; около Луизіады находится такъ называемое Коралловое море. Затѣмъ, атоллы достигаютъ огромныхъ размѣровъ и встрѣ-



Чер. 165. Рифъ окружающій островъ Балабола (группа Товарищества въ Тихомъ океанѣ).

чаются въ большомъ числѣ въ Индійскомъ океанѣ, въ группѣ Малединскихъ и Лакединскихъ острововъ. Рифы встрѣчаются къ N отъ Новой Голландіи въ Торесовомъ проливѣ, около Новой Каледоніи въ Коралловомъ морѣ, у береговъ Мадагаскара, въ Красномъ морѣ, у Бермудскихъ острововъ, Антильскихъ и Мексиканскаго залива. Особенно замѣчателенъ барьерный рифъ, идущій параллельно сѣверо-восточному берегу Австраліи почти на протяженіи 244 геогр. миль. Его разстояніе отъ материка измѣняется отъ 20 до 70 миль, а глубина моря между рифомъ и Австраліею 7—14 саж., а къ одному концу и до 42 саж.

Своеобразная форма постройки атоллъ и рифовъ давно уже обратила на себя вниманіе ученыхъ, и многіе изъ нихъ пытались дать этому объясненіе. Первый занявшійся этимъ вопросомъ былъ Форстеръ, спутникъ Кука. Форстеръ полагалъ, что полипы инстинктивно строятъ атоллы круглыми для лучшей защиты себя отъ прибоя волнъ и что постройки ихъ начинаются на какой угодно глубинѣ, доходя мало по малу до поверхности.

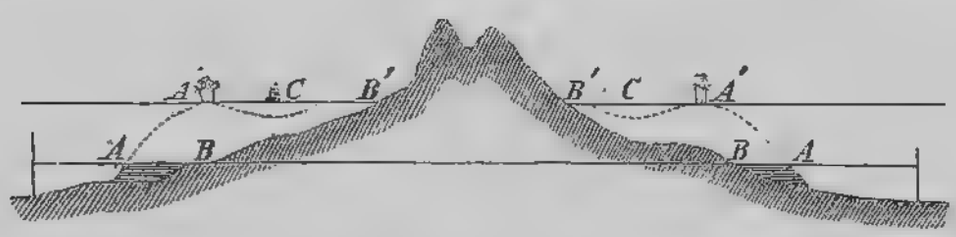
Такое объясненіе однако не удовлетворительно, такъ какъ оказалось, что полипы не могутъ жить на большой глубинѣ. Шамиссо, спутникъ Коцебу, полагалъ, что всѣ атоллы суть не что иное, какъ гребни вулканическихъ кратеровъ, обросшіе кораллами, или же постройки, воздвигнутыя на подводныхъ камняхъ и мелях. Къ такому заключенію онъ пришелъ потому, что между мѣстонахожденіемъ коралловыхъ построекъ и распространеніемъ вулкановъ замѣчалась какъ-бы зависимость (напр., въ Тихомъ океанѣ), и что около атоллъ встрѣчаются нерѣдко отмели и подводныя скалы.

Но этою теоріею нельзя было объяснить такого факта, что лотомъ съ глубины 2000—3000 ф. доставались кораллы; на такой глубинѣ нахожденіе коралловыхъ построекъ не объяснялось теоріею Шамиссо. Съ другой стороны этою же теоріею нельзя было объяснить существованіе построекъ на значительной высотѣ надъ уровнемъ моря, какъ напр., у Сандвичевыхъ острововъ коралловые рифы приподняты на высоту 20 футъ, а на „Низменныхъ“ до 800 футъ; также въ Новой Гвинеѣ и въ Зондскомъ архипелагѣ берега, почти сплошь составленные изъ коралловъ, поднимаются до 300 футъ и т. д. Лучше уже объясненіе Шамиссо, почему навѣтренная сторона острововъ выше, чѣмъ подвѣтренная — онъ говоритъ, что полипы любятъ прибой волнъ, вѣтеръ и теченіе, которые доставляютъ имъ пищу, и что поэтому полипы и должны больше развиваться на навѣтренной сторонѣ.

Во время кругосвѣтнаго путешествія на кораблѣ „Бигль“ Дарвинъ изслѣдовалъ многіе атоллы и обратилъ вниманіе

на условія жизни полиповъ, воздвигающихъ постройки въ океанѣ — эти изслѣдованія привели его къ слѣдующей теоріи происхожденія атоллъ и рифовъ.

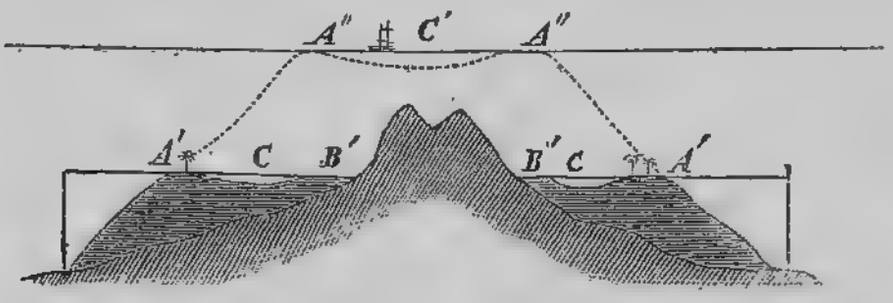
Пусть надъ моремъ возвышается островъ (чер. 166) при нѣкоторомъ уровнѣ моря ABBA; полипы начнутъ постройки у берега на глубинѣ, на которой они могутъ существовать, и если берегъ остается неподвижнымъ, т. е. не опускается и не поднимается, то по истеченіи нѣкотораго времени полипы образуютъ своими постройками коралловый рифъ AB — BA, вплотную прилегающій къ острову; подобнымъ же образомъ образуется рифъ и у материка. Если послѣ этого берегъ поднимется, то коралловая постройка будетъ приподнята на нѣкоторую высоту надъ уровнемъ моря и полипы внѣ воды погибнутъ, а постройки



Чер. 166. Схематическій чертежъ для объясненія образованія атолла съ островомъ въ лагунѣ.

ихъ будутъ увеличиваться внизъ опять до предѣльной глубины. Но если островъ начнетъ опускаться, то полипы будутъ продолжать строиться вверхъ и, чтобы не остаться на большой глубинѣ, постройки ихъ будутъ расти быстрѣе въ вертикальномъ, нежели въ горизонтальномъ направленіи, а потому, когда уровень моря будетъ A′B′B′A′, то коралловыя сооруженія отойдутъ нѣсколько отъ берега и будутъ имѣть видъ рифа AA′A′A, отдѣленнаго отъ берега мелководнымъ каналомъ, или болѣе глубокимъ, если опусканіе будетъ идти быстро. При дальнѣйшемъ опусканіи острова, кораллы растутъ своимъ чередомъ, и образуется атоллъ съ островомъ внутри лагуны некоралловаго происхожденія, а затѣмъ и вершины острова мало по малу скрываются подъ водою и образуется настоя-

щій атоллъ А″А″, замыкающій лагунный водоемъ С′ (чер. 167). Возвышеніе атолла надъ водою произойдетъ постепенно; во время бурь постройка обнажается, полипы умираютъ, и изъ остатковъ жившихъ на ней животныхъ образуется брекчія, которую тонкій известковый песокъ и илъ склеиваютъ постепенно въ плотную массу. Въ то же время волнами отрываются безъ труда куски коралловъ, подточенные уже раковинами, волнами же выбрасываются они на брекчію и мало по малу образуется такимъ образомъ валъ, на которомъ скопляются плавучій лѣсъ и разные органическіе остатки. Благодаря тропическому зною, разложеніе выбрасываемаго волнами матеріала идетъ быстро, и образуется скоро тонкій слой чернозема, на которомъ



Чер. 167. Образованіе атолла.

принесенныя сюда птицами, или вѣтромъ, или теченіемъ, сѣмена пальмы, хлѣбнаго дерева и др. быстро образуютъ густую растительность. Клёденъ приводитъ примѣръ поднятія атолла изъ-подъ воды даже въ текущее столѣтіе, а именно, островъ Бикри, въ атоллѣ Эбонъ (Маршальскіе о-ва), въ 1825 году только что достигалъ поверхности моря, а въ 1860 году онъ представлялъ возвышающуюся надъ водою скалу, по берегамъ которой росли уже кое-гдѣ панданы.

Такимъ образомъ, образованіе атолла и рифовъ возможно по Дарвину лишь тогда, когда материкъ или островъ опускается, при этомъ ясно, что и рифъ будетъ прямолинейный, если берега прямолинейные. Однако рифъ, отошедшій отъ берега на нѣкоторое разстояніе, будетъ вогнутою стороною обращенъ къ берегу, такъ какъ полипы успѣшнѣе растутъ на внѣшней

сторонѣ, нежели на внутренней сторонѣ рифа. Если теперь принять, что опускающійся островъ имѣлъ нѣсколько отдѣльныхъ высотъ, то окружавшій этотъ островъ первоначально единственный коралловый рифъ разобьется при дальнѣйшемъ погруженіи на нѣсколько рифовъ и образуетъ весьма сложный атоллъ, состоящій изъ ряда отдѣльныхъ, болѣе мелкихъ атолловъ, въ родѣ того, какъ мы видимъ въ атоллѣ князя Меньшикова (Маршальскіе о-ва). Этотъ атоллъ замѣчателенъ тѣмъ, что онъ имѣетъ нѣсколько лагунъ. Разрывы атолловъ на западной, подвѣтренной, сторонѣ объясняются по Дарвину тѣмъ, что здѣсь происходятъ стоки прѣсной (рѣчной или дождевой) воды, въ которой полипы не могутъ жить. Конечно, нѣтъ основанія предполагать, чтобы потоки дождевой воды стекали непремѣнно только на западную сторону, они очевидно стекаютъ во всѣ стороны, но у экватора въ Тихомъ океанѣ, гдѣ наиболѣе распространены атоллы, теченіе моря идетъ къ западу — вотъ этимъ то теченіемъ прѣсные потоки и уносятся къ западу, такъ что на западной сторонѣ острова будетъ болѣе прѣсная вода, чѣмъ въ другихъ частяхъ. Затѣмъ, атоллы всегда болѣе возвышенны на навѣтренной, восточной сторонѣ, а низменны на подвѣтренной — это также можно объяснить отчасти большимъ стокомъ прѣсныхъ водъ къ подвѣтренной части.

Такимъ образомъ, коралловыя постройки, согласно теоріи Дарвина, указываютъ намъ на рядъ поднятій и опусканій болѣе или менѣе значительныхъ подводныхъ областей. Такъ, атоллы Тихаго океана, также Малединскіе и Лакединскіе острова, свидѣтельствуютъ о пониженіи дна; напротивъ, коралловыя скалы, встрѣчающіяся на высотѣ нѣсколькихъ сотъ футовъ надъ океаномъ на островѣ Дружбы, Гебридскихъ, Новой Ирландіи, Новой Гвинеѣ, между Сандвичевыми и Низменными, на Мадагаскарѣ, вдоль южной Америки и Вестъ-Индіи — все это показываетъ поднятіе дна. По Дарвину поясы поднятія и поясы опусканія лежатъ рядомъ. Анды южной Америки обозначаютъ поясъ поднятія; къ западу отъ нихъ лежитъ

поясъ опусканія огромной глубины, совершенно лишенный острововъ и рифовъ; еще далѣе на западъ слѣдуетъ обширная полоса атолловъ и рифовъ, которая въ цѣломъ опустилась или продолжаетъ опускаться, но черезъ которую проходитъ полосою страна поднятія, отличающаяся обиліемъ вулканическихъ горъ. Подобная полоса тянется отъ Ново-Гебридовъ черезъ Новую Гвинею, Борнео, Яву и Суматру. Середина Индійскаго океана тоже представляетъ область опусканія, которая идетъ черезъ сѣверную часть Австраліи и черезъ Коралловое море до Новой Каледоніи.

Противъ теоріи Дарвина были представлены возраженія Земперомъ, Мёрреемъ, Штудеромъ и друг. По мнѣнію этихъ ученыхъ нельзя всѣ явленія коралловыхъ построекъ обобщать такъ, какъ это сдѣлалъ Дарвинъ, придавая такое всеобщее значеніе опусканіямъ. Затѣмъ, возраженія противъ теоріи Дарвина сводятся къ слѣдующему: 1) по теоріи Дарвина атоллы должны покоиться на слоѣ коралловъ весьма значительной толщины, но эта толщина ничѣмъ не доказана, и только одно буреніе могло бы въ этомъ случаѣ доставить положительныя данныя; 2) что, напр., въ группѣ Палау (между Каролинскими и Филиппинскими островами) рядомъ стоятъ атоллъ и островъ съ коралловыми образованіями, значительно возвышающійся надъ уровнемъ — первый по Дарвину свидѣтельствуетъ объ опусканіи, а послѣдній обязанъ очевидно поднятію почвы, между тѣмъ какъ трудно предположить возможность такихъ одновременныхъ колебаній дна въ разныя стороны на весьма ограниченномъ пространствѣ; 3) отвѣсное поднятіе внѣшнихъ стѣнокъ атолла изъ большой глубины, какъ принимаетъ Дарвинъ, не совмѣстимо съ нынѣшними воззрѣніями о работѣ морскихъ волнъ.

По Земперу происхожденіе атолловъ и рифовъ можетъ быть объяснено поднятіемъ подводныхъ возвышенностей, подъ вліяніемъ вулканическихъ силъ, столь близко къ уровню океана, что полипы могли уже начать на нихъ свои постройки.

Мёррей пытается объяснить происхожденіе коралловыхъ построекъ при условіи неподвижности уровня. Такъ, онъ предполагаетъ, подобно Шамиссо, что основаніемъ для коралловыхъ построекъ служатъ подводныя вулканическія горы, вершины которыхъ приблизились до извѣстной степени къ поверхности моря, благодаря накопленію на нихъ различныхъ раковинъ и органическихъ отложеній; на такихъ вершинахъ, по мнѣнію Мёррея, по краямъ явились условія, благопріятныя для образованія атолловъ.

Штудеръ предполагаетъ существованіе подводныхъ горныхъ хребтовъ со многими вершинами съ крутыми склонами, которые и послужили фундаментомъ для коралловыхъ построекъ, при чемъ онъ однако не отрицаетъ вліянія поднятій и опусканій, но считаетъ, какъ и Земперъ, поднятіе болѣе вліятельнымъ факторомъ, чѣмъ опусканіе.

Однако, эти воззрѣнія нельзя признать достаточно удовлетворительными. Нѣкоторыя коралловыя постройки, конечно, могли быть воздвигнуты на отдѣльныхъ возвышающихся верхушкахъ скалъ или вулканическихъ вершинахъ. Извѣстны вулканическіе острова, отдѣленные отъ окружающихъ ихъ рифовъ лагуною въ 300 ф. глубины, но въ этихъ случаяхъ, какъ справедливо замѣчаетъ Рихтгофенъ, очевидно происходило опусканіе, ибо если бы новѣйшія воззрѣнія были вѣрны, то для доставленія базы для полиповъ должны были бы другія морскія животныя образовать здѣсь кольцеобразную плотину,— но такія плотины вообще неизвѣстны. Коралловые рифы, безъ сомнѣнія, могутъ образоваться и при неизмѣнномъ уровнѣ тамъ, гдѣ малая глубина, температура, чистота воды, теченія и характеръ дна представляютъ всѣ условія, благопріятныя для поселенія и произрастанія полиповъ. Исторія земли свидѣтельствуетъ, что уровень моря не оставался неизмѣннымъ, но совершалъ колебанія то въ положительномъ смыслѣ, то въ отрицательномъ. При отрицательномъ движеніи уровня образовавшійся рифъ осушается, и ростъ полиповъ идетъ въ тѣ сто-

роны, гдѣ ровное дно и теченія этому благопріятствуютъ. При положительномъ колебаніи уровня, если оно идетъ быстрѣе, чѣмъ могутъ строиться полипы, произойдетъ погруженіе рифа въ глубину, и полипы погибнутъ, но опять при отрицательномъ колебаніи рифъ будетъ приближаться къ поверхности моря, и полипы опять начнутъ строиться. Но если положительное движеніе уровня будетъ совершаться съ тою быстротою, съ какою могутъ строиться и полипы, то рифъ будетъ подниматься все выше и выше, такъ что легко можетъ произойти круто спускающаяся въ глубину коралловая стѣна. Нынѣшній видъ коралловыхъ построекъ составляетъ вѣроятно результатъ многочисленныхъ другъ другу противоположныхъ колебаній уровня.

Океанскіе промѣры показываютъ, что дно въ Тихомъ океанѣ, главной области распространенія различныхъ коралловыхъ построекъ, представляетъ рядъ плоскихъ, уединенныхъ, параллельныхъ, частью сопровождающихся вулканами, возвышенностей; если принять, что на этихъ возвышенностяхъ, равно какъ и на расположенныхъ на нихъ вулканахъ съ широкими насыпями и возвышаются коралловые рифы, то все-таки слѣдуетъ признать, что образованіе послѣднихъ совершалось непремѣнно при условіи колебаній уровня моря и, быть можетъ, даже большею частью въ смыслѣ положительномъ. Такимъ образомъ, если въ теоріи Дарвина принять, какъ основаніе, вѣковыя колебанія морского уровня, а не одно опусканіе дна, то эта теорія все же является наиболѣе вѣроятною. Буреніе послѣднихъ лѣтъ на коралловомъ островѣ Фунафути въ Тихомъ океанѣ, обнаружившее пока коралловые остатки до глубины болѣе 200 саж., говоритъ въ пользу теоріи Дарвина.

Величина поверхности материковъ и острововъ дается въ нижеслѣдующей табличкѣ, составленной по новѣйшимъ вычисленіямъ Вагнера [29]), въ 1000 кв. геогр. м. (1000 кв. кил.).

	Материки.	Острова.	Сумма.
Европа.	165,9 (9219)	14,2 (787)	180,1 кв. г. м.
Азія	746,7 (41480)	48,6 (2701)	795,3 „
Африка	525,7 (29205)	11.1 (617)	536,8 „
Австралія	136,8 (7601)	23,3 (1297)	160,1 „
С. Америка . . .	359,7 (19982)	73,3 (4074)	433,0 „
Ю. Америка. . .	317,3 (17629)	2,8 (154)	320,1 „
Полярная область 80—90° с. ш.	11,1 (619)?	—	11,1 „
Полярная область 60—90° ю. ш.	162,0 (9000)?	—	162,0 „
Океаническ. о-ва	—	1,5 (84)	1,5 „
Сумма . . .	2425,2	174,8	2600,0 (144449)

Въ рубрику океаническихъ острововъ вошли слѣдующіе:

въ Тихомъ океанѣ — Бонинъ, Микронезія, Гаваи, Полинезія, Фиджи, Чатамъ, Кермадекъ и острова къ югу отъ Новой Зеландіи (общ. пов. 62046 кв. кил. = 1,117 кв. г. м.);

въ Индійскомъ — Амирантскіе, Сейшельскіе и др. тропическіе, Маскаренскіе, Родригецъ, Чагосъ, Килингъ, Рождества, Св. Павла, Нов. Амстердамъ, Эдуардъ, Крозетъ, Кергеленскіе и Макдональдъ (общ. пов. 9782 кв. кил. = 176 кв. г. м.);

въ Атлантическомъ — Бермудскіе, Азорскіе, Мадейра, Зеленаго мыса, мелкіе южноатлантическіе острова, Южн. Георгія и Сандвичевы (общ. пов. 12040 кв. кил. = 217 кв. г. м.).

Изъ континентальныхъ острововъ слѣдующіе острова имѣютъ поверхность болѣе 2000 кв. г. м.:

Гренландія (38,9 т.), Новая Гвинея (14,1 т.), Борнео (13,2 т.), Баффинова земля (10,9 т.), Мадагаскаръ (10,6 т.), Суматра (7,6 т.), Ниппонъ (4 т.), Великобританія (3,9 т.), Земля Волластона (3,5 т.), Земля Линкольна-Гранта (3,4 т.), Целебесъ (3,2 т.), Новая Зеландія, южный островъ (2,7 т.), Ява (2,3 т.), Новая Зеландія, сѣверный островъ (2,1 т).

Изъ океаническихъ острововъ наибольшія группы: Фиджи (375 кв. г. м.) и Гаваи (306 кв. г. м.).

Морскіе берега. Суша отдѣляется отъ водъ чертою, называемою береговою линіею; послѣдняя вмѣстѣ со склономъ суши къ морю образуетъ морской берегъ.

Берега характеризуются высотою, развитіемъ береговой линіи и доступностью. Въ отношеніи высоты различаютъ берега: высокіе или крутые, и низкіе или пологіе.

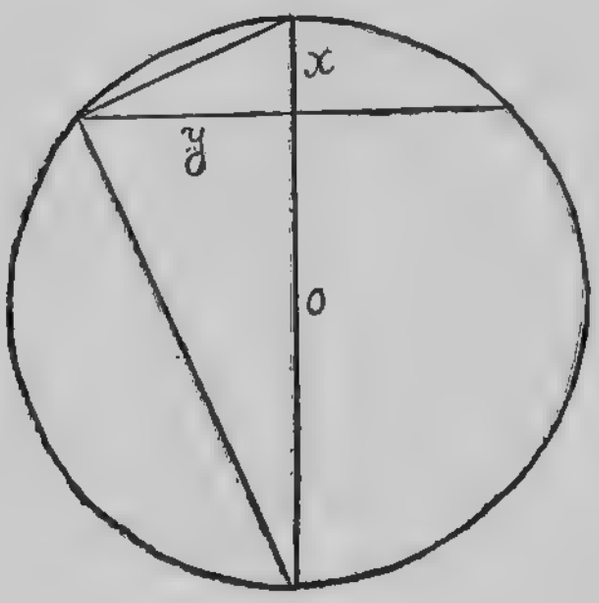
Высокій берегъ (крутой) спускается къ морю круто на большую глубину или у основанія берегового обрыва имѣетъ болѣе или менѣе широкую низменную полосу, заливаемую частью или вполнѣ во время волнъ и прилива (чер. 134). Высокимъ берегомъ оканчиваются обыкновенно гористыя страны.

Пологій берегъ подымается отъ уровня моря вглубь материка медленно и постепенно (чер. 132); этотъ берегъ большею частью сопровождается мелководьемъ и принадлежитъ къ низменнымъ странамъ.

Собственно соотношеніе между профилемъ морского берега и профилемъ его подводной части существуетъ только до нѣкоторой степени, и въ этомъ случаѣ бываютъ довольно крупныя исключенія. Напримѣръ, берега Далмаціи и Великобританіи принадлежатъ къ крутымъ берегамъ, а море около нихъ мелкое; напротивъ, пологій берегъ зап. Африки, сѣвернѣе Зеленаго мыса, опускается подъ уровень моря быстро на большую глубину.

Подъ развитіемъ береговой линіи понимаютъ большую или меньшую извилистость ея, вслѣдствіе вдающихся въ море полуострововъ, косъ и мысовъ, образующихъ заливы и бухты. Берегъ, имѣющій малое развитіе, т. е. лишенный заливовъ и бухтъ, называется ровнымъ берегомъ. Развитіе берега играетъ большую роль въ развитіи прибрежныхъ морскихъ сношеній, слѣдовательно, въ развитіи торговли и благосостоянія человѣка, а съ нимъ вмѣстѣ и возникновеніи цивилизаціи. На-

примѣръ, Средиземное море, именно сѣверо-восточная его часть, имѣетъ сильно развитые берега, и потому здѣсь ранѣе всего началось сближеніе между народами и это море стало разсадникомъ древней цивилизаціи. Также Европа, благодаря своему положенію и сильно развитымъ берегамъ, стала центромъ цивилизаціи всего свѣта, тогда какъ Африка, берега коей крайне однообразны, и до сихъ поръ стоитъ на весьма низкой ступени развитія. Безъ сомнѣнія, не одно развитіе береговъ составляетъ причину такого различія между Африкою и Европою, тутъ есть еще много другихъ физико-географическихъ условій, но все-таки развитіе береговъ играетъ тоже извѣстную роль въ числѣ прочихъ причинъ.



Чер. 168.

Такое значеніе развитія береговой линіи вызвало у нѣкоторыхъ географовъ попытку выразить численно развитіе береговъ материковъ. Первый изъ занявшихся такими количественными опредѣленіями былъ Берггаузъ. Онъ сравнивалъ длину береговой линіи даннаго материка съ поверхностью и вычислялъ, сколько приходится материковой поверхности на каждую милю берега. Этотъ способъ очень простой, но онъ не удобенъ, потому что даетъ различные результаты, смотря по избранной географической единицѣ (миля, километръ, морская миля). Послѣ того Клёденъ и др. стали употреблять слѣдующій пріемъ: отдѣлять отъ материка его части — полуострова — и сравнивать поверхность ихъ съ поверхностью материка. Этотъ способъ даетъ очень хорошіе результаты, но онъ вноситъ много

субъективности при отдѣленіи полуострововъ. Лучшій изъ способовъ предложенъ Нагелемъ; по этому способу развитіе береговъ выражается отношеніемъ длины береговой линіи даннаго материка къ длинѣ окружности круга, площадь котораго равна поверхности даннаго материка. Крюммель дѣлаетъ поправку къ этому способу, а именно, онъ предлагаетъ вмѣсто площади круга брать поверхность шарового сегмента равную поверхности даннаго материка.

Пусть поверхность материка $= F$, радіусъ земли $= r$, окружность основанія шарового отрѣзка съ поверхностью F равна U, то (чер. 168)

$2\pi r x = F$	$U = 2\pi\sqrt{\frac{F}{2\pi r}\left(2r - \frac{F}{2\pi r}\right)}$
$x = \frac{F}{2\pi r}$	$U = 2\sqrt{F\pi\left(\frac{4\pi r^2 - F}{4\pi r^2}\right)}$,
$U = 2\pi y$	положимъ $4\pi r^2 = P$ (поверхн. земного шара)
$y = \sqrt{x(2r - x)}$	$U = 2\sqrt{F\pi\frac{P - F}{P}}$.

Если K береговая линія, то, выразивъ $K \div U$ въ % отъ всей береговой линіи, получимъ коэффиціентъ берегового развитія:

$$O = \frac{K - U}{K}\,100.$$

Для опредѣленія развитія береговъ какого-либо моря, или океана Крюммель предлагаетъ для K брать длину какъ береговой, такъ и морской границы, а F считать поверхностью даннаго моря.

Такимъ путемъ Крюммелемъ получены слѣдующія числа, выражающія развитіе береговъ материковъ (съ точностью до единицы):

Европа — 73, Азія — 65, С. Америка — 65, Африка — 28, Австралія — 31, Ю. Америка — 33.

Наибольшимъ развитіемъ обладаютъ, слѣдовательно, берега Европы, наименьшимъ Африка; сѣверные материки имѣютъ берега слишкомъ въ два раза болѣе развитые, чѣмъ южные материки.

Способъ Нагеля-Крюммеля также нельзя признать точнымъ, такъ какъ отношеніе поверхности къ периметру увеличивается съ увеличеніемъ поверхности, почему, если вычислить, напримѣръ, развитіе для обѣихъ Америкъ, то оно получится больше, чѣмъ для каждой въ отдѣльности.

Такимъ образомъ, точныя количественныя исчисленія развитія береговъ представляютъ затрудненія, и потому для сужденія о развитіи различныхъ береговъ приходится ограничиваться картами.

Разнообразныя очертанія береговой линіи въ связи съ профилемъ береговъ приводятъ къ большому разнообразію формъ морскихъ береговъ и къ разной степени ихъ доступности. Какъ ни разнообразны, однако, эти формы, все же многія изъ нихъ могутъ быть сведены къ нѣсколькимъ группамъ, въ которыхъ можно отмѣтить преобладаніе того или иного фактора, вліяющаго на воспроизведеніе данной формы берега.

Наиболѣе полная классификація береговъ принадлежитъ Рихтгофену [31]). Онъ различаетъ формы береговъ по отношенію къ пластикѣ прилегающаго материка и формы, связанныя съ дѣятельностью водъ и колебаніями морского уровня.

а) По отношенію къ пластикѣ материка. Смотря по тому, какое имѣютъ соотношеніе очертанія берега къ горнымъ хребтамъ и возвышенностямъ на материкѣ, имѣемъ слѣдующіе типы:

1) Продольные берега, идущіе параллельно расположенной вблизи горной цѣпи. Таковы въ океанахъ — берега западной Америки, западный берегъ Скандинавіи, юго-зап. берегъ Иранской плоской возвышенности, восточный берегъ Азіи отъ устья Амура до Кореи, а во внутреннихъ моряхъ — западный берегъ Балканскаго полуострова, берегъ сѣверо-

зап. Африки въ Средиземномъ морѣ, южный берегъ Крыма, сѣверо-восточный берегъ Чернаго моря между Анапою и Сухумомъ и т. д. Такіе берега обыкновенно однообразны, и углубляющіяся въ нихъ бухты лишены большею частью практическаго значенія, такъ какъ горный хребетъ затрудняетъ сношенія съ внутренностью страны. За то, если встрѣчаются въ этомъ случаѣ исключенія, то, даже при не особенно удобныхъ условіяхъ, бухты получаютъ громадное значеніе; напр., С.-Франциско, Коринфскій заливъ въ Греціи. Иногда такіе берега сопровождаются шхерами, какъ въ Норвегіи и Далмаціи. Въ большинствѣ случаевъ продольные берега бѣдны рѣками, а если таковыя и есть, то вслѣдствіе того, что имъ приходится пересѣкать горный хребетъ, онѣ большею частью несудоходны.

2) Поперечные берега. Направленіе берега идетъ перпендикулярно или подъ болѣе или менѣе острымъ угломъ къ направленію горной цѣпи на материкѣ, такъ что возвышенности мѣстами подходятъ къ берегу. Такіе берега больше всего встрѣчаются въ Европѣ: восточный берегъ Балканскаго полуострова отъ устьевъ Дуная до южной Греціи, западный берегъ Иберійскаго полуострова, западный берегъ отъ Бретани до Сѣв. Шотландіи, западный берегъ Малой Азіи, берега южнаго Китая, берега острововъ Кіу-Сіу и Сикоко, западный берегъ Марокко и др. Въ противоположность продольнымъ берегамъ, поперечные обладаютъ прекрасными бухтами и имѣютъ легкій доступъ во внутренность материка, благодаря отчасти впадающимъ здѣсь большимъ рѣкамъ, какъ, напримѣръ, на Иберійскомъ полуостровѣ. Практическое значеніе, однако, бухтъ и рѣкъ здѣсь можетъ быть весьма различно, смотря по тому, идутъ ли горы въ близкомъ или далекомъ разстояніи другъ отъ друга. Примѣръ для перваго восточный берегъ южнаго Китая (менѣе удобный), для послѣдняго берегъ Индо-Китая отъ Акнаба до Сайгона и западный берегъ Великобританіи.

3) Вогнутые, полукружные берега, слѣдующіе вдоль

внутреннихъ краевъ дугообразно изогнутыхъ складокъ горныхъ кряжей. Таковы берега западной Италіи, западный берегъ Камчатки, Японіи, берега Формозы, Люцона. Обыкновенно у этихъ береговъ плоскія бухты и тупые мысы. Въ практическомъ отношеніи они составляютъ нѣчто среднее между продольными и поперечными берегами.

4) Нейтральные высокіе берега — они обыкновенно ограничиваютъ плоскогорья безъ ясно выраженныхъ горныхъ цѣпей. Эти берега однообразны, имѣютъ либо изогнутое, либо прямолинейное очертаніе. Соотвѣтственно крутой надбрежной полосѣ обыкновенно и берегъ отвѣсно спускается подъ уровень моря. Въ отношеніи бухтъ, мысовъ и острововъ эти берега бѣдны, если они открыты къ океану, но во внутреннихъ моряхъ развитіе берега можетъ быть значительное. Примѣръ такихъ береговъ въ океанахъ: вся южная Африка отъ Бенинскаго залива до Занзабира и Сокоторы, Южная Австра́лія, Остъ-Индія, большая часть восточнаго берега южной Америки; во внутреннихъ моряхъ: берегъ Африки отъ Сырта до Нила, берега Сиріи, сѣверный берегъ Чернаго моря (западнѣе Крыма), восточный берегъ Пиринейскаго полуострова; далѣе берега Финскаго, Ботническаго заливовъ, и т. д. Въ практическомъ отношеніи эти берега, хотя и не представляются столь изолированными отъ внутреннихъ частей материка, какъ это бываетъ въ случаѣ продольныхъ береговъ, но тѣмъ не менѣе и здѣсь материкъ трудно доступенъ съ моря; даже встрѣчающіяся здѣсь большія рѣки представляются большею частью не вполнѣ судоходными.

5) Нейтральные низменные намывные берега, въ противоположность предыдущему типу, ограничиваютъ обширныя низменности намывного происхожденія. Таковы, напр., берега С. Ледовитаго океана у западныхъ Сибирскихъ рѣкъ; берегъ Чернаго моря между Поти и Сухумомъ, берега сѣверогерманской низменности. Характеръ и значеніе этихъ береговъ могутъ быть весьма различны.

б) Берега въ зависимости отъ дѣятельности морскихъ и рѣчныхъ водъ можно раздѣлить на двѣ группы: 1) берега, гдѣ море захватываетъ материкъ и 2) намывные берега, гдѣ происходятъ осадочныя отложенія или отступаніе моря.

Къ первой группѣ относятся слѣдующіе типы, происшедшіе отъ проникновенія моря въ долины:

1) Типъ фіордовъ (стр. 266), принадлежащій къ продольнымъ берегамъ. Фіорды встрѣчаются: въ Европѣ на зап. и сѣв. Скандинавіи, Шотландіи и Ирландіи, сѣвернѣе 51° с. ш.; въ С. Америкѣ, въ Лабрадорѣ, въ Новой Шотландіи, на берегахъ Соед. Штатовъ до Штата Майнъ и у сѣв.-зап. береговъ до Ванкувера — въ общемъ граница 44°—48° с. ш.; въ южной Америкѣ, въ Патагоніи, на Огненной землѣ— граница 42° ю. ш.; въ Австраліи, на западномъ берегу Новой Зеландіи — граница 45° южной широты.

Значительные фіорды также въ Западной Гренландіи и Шпицбергенѣ.

Въ практическомъ отношеніи фіорды, казалось бы, должны представлять собою самыя лучшія мѣста, но дѣло въ томъ, что, во-первыхъ, доступъ изъ нихъ во внутренность страны обыкновенно крайне труденъ, а, во-вторыхъ, область ихъ распространенія ограничивается большею частью странами бѣдными естественными продуктами и со скуднымъ народонаселеніемъ. Для коммерческихъ цѣлей они, слѣдовательно, мало представляютъ выгодъ и только немногіе изъ нихъ служатъ этимъ цѣлямъ. Еще могутъ они имѣть значеніе, какъ военныя гавани и для рыболовства.

2) Далматскій типъ свойственъ тѣмъ берегамъ, гдѣ были развиты продольныя долины; послѣ того, какъ море заполнило эти долины, кряжи горъ образовали полуострова, косы и острова, тянущіеся параллельно между собою и съ общимъ направленіемъ берега, представляющаго продольный берегъ. Примѣръ такихъ береговъ — восточный берегъ Адріатическаго моря (чер. 169).

3) Типъ ріасъ*) принадлежитъ поперечнымъ берегамъ. При повышеніи морского уровня море заполняетъ низовья долинъ, раздѣляющія горныя цѣпи, причемъ послѣднія выдаются въ море въ видѣ мысовъ. Такимъ образомъ образуются болѣе или менѣе глубокіе заливы, бухты съ весьма извилистыми очертаніями. Таковы берега юго-западной Ирландіи, западной Англіи, сѣверной Испаніи (Галиція), берега южнаго Китая и Японіи, NW и NO Австраліи, NW Мадагаскара, западный берегъ Малой Азіи и восточный берегъ Балканскаго полуострова.

Этотъ типъ береговъ въ практическомъ отношеніи весьма важенъ, такъ какъ обладаетъ прекрасными бухтами, изъ которыхъ не затрудненъ доступъ внутрь материка.

Чер. 169. Берегъ Далмаціи.

4) Лиманный типъ, свойственный высокимъ нейтральнымъ берегамъ; у нихъ обыкновенно заливы въ видѣ треугольниковъ, вершина которыхъ глубоко врѣзывается въ материкъ. Здѣсь море заполняетъ низовья долинъ, прорѣзывающихъ плоскую возвышенность страны. Напримѣръ, лиманы на сѣверномъ берегу Чернаго моря.

5) Шхерный типъ также относится къ нейтральнымъ высокимъ берегамъ, но только море заполнило здѣсь углубленія, произведенныя ледниками въ твердой породѣ, которая плохо поддается сглаживающему дѣйствію моря. Углубленія эти весьма разнообразны и потому эти берега отличаются большимъ разнообразіемъ въ своихъ очертаніяхъ. Примѣръ — Финляндія. Эти берега измѣняются еще болѣе тамъ, гдѣ существуютъ значительные приливы и разводится громадное волненіе.

---

*) Rias — мѣстное названіе бухтъ на сѣв.-зап. берегу Испаніи.

Ко второй группѣ, т. е. къ берегамъ намывнымъ или образующимся при отступаніи моря, причисляются слѣдующіе типы:

1) Типъ Индо-Китая свойственъ поперечнымъ берегамъ, при чемъ намывныя низменности между горными цѣпями выдаются настолько впередъ въ море, что послѣднія не оказываютъ уже никакого вліянія на очертанія берега. Таковы берега отъ устьевъ Брамапутры до Кохинхины. Если горы подступаютъ ближе къ берегу, какъ по восточному берегу Сіамскаго залива, то у отдѣльныхъ рѣчныхъ долинъ появляются изогнутости между мысами.

2) Лагунные берега. Если отступающая волна съ берега встрѣчаетъ береговыя теченія, то этими теченіями матеріалъ, несомый волнами, осаждается въ морѣ и образуетъ плотину, отдѣляющую болѣе или менѣе замкнутый заливъ или бассейнъ отъ моря — лагуну. Лагуны извѣстны въ Венеціи, южной Франціи, у западнаго устья р. Роны, въ Мексиканскомъ заливѣ, Флоридскія лагуны, у берега Гвинеи западнѣе Нигера, у южно-Бразильскаго берега до Урагвая и т. д.

3) Гвіанскій типъ. Если осадки, несомые рѣкою, отклоняются встрѣчнымъ теченіемъ къ берегамъ, гдѣ они и отлагаются, то образуется такимъ путемъ намывная полоса у берега. Рельефнѣе всего это выступаетъ на берегахъ Гвіаны, гдѣ отлагается матеріалъ, несомый рѣкою Амазонкою. Подобный типъ можетъ быть тѣсно связанъ съ лагуннымъ типомъ.

Три предыдущіе типа независимы отъ колебанія уровня, тогда какъ нижеслѣдующіе обязаны главнымъ образомъ такому колебанію.

4) Патагонскій типъ похожъ на типъ Индо-Китая, но только низменности здѣсь образуются не отъ намыва, а отъ отступанія моря, и, слѣдовательно, онѣ представляютъ обсохшее дно моря. Мы ихъ видимъ на восточной сторонѣ Патагоніи, на западномъ берегу С. Америки отъ Аляски до м. Барроу, Ю.-В. Калабріи.

5) Типъ береговъ морского дна тоже, что и предыдущій типъ, но здѣсь дно высыхаетъ не въ промежуткахъ между горными цѣпями, а непрерывною полосою. Таковы почти лишенные гаваней восточные берега Африки.

6) Выровненные берега образуются тамъ, гдѣ сильныя береговыя теченія отлагаютъ намывной матеріалъ и сглаживаютъ существовавшіе раньше заливы и неровности въ берегахъ, такъ что эти берега становятся почти прямолинейными несмотря на то, что рельефъ материка бываетъ чрезвычайно разнообразенъ. Таковы берега Португаліи, ю.-в. передней Индіи, часть американскихъ западныхъ береговъ и т. д.

Океаны и моря.

Классификація океановъ и морей. Воды земного шара дѣлятся на внѣшнія, омывающія материки, и внутреннія, расположенныя на материкахъ. Внѣшнія воды составляютъ одинъ непрерывный водоемъ, занимающій почти $^3/_4$ всей поверхности земли и раздѣленный лишь материками на нѣсколько бассейновъ различной величины — океаны; части послѣднихъ, врѣзывающіяся болѣе или менѣе вглубь материка, извѣстны подъ именемъ морей. Часто слово море употребляютъ въ самомъ обширномъ смыслѣ, понимая подъ этимъ всѣ внѣшнія воды.

Названіе океанъ финикійскаго происхожденія. Финикійцы первые, выйдя изъ Средиземнаго моря за Геркулесовы Столбы (Гибралтаръ) и, встрѣтивъ необъятное море, назвали его „Og“, что значитъ „всеобъемлющій“, отсюда, по мнѣнію географа Риттера, и произошло греческое названіе Ὠκεάνος. До XVI стол. знали лишь о существованіи океана за Геркулесовыми Столбами и при выходѣ изъ Краснаго моря, т. е. были извѣстны Атлантическій и Индійскій океаны и считали ихъ за одинъ и тотъ же океанъ, окружавшій извѣстные тогда материки, и только по отношенію къ Европѣ или, вѣрнѣе, по отношенію къ материкамъ, окружающимъ Средиземное море, различали — Oceanus

occidentalis, и въ противоположность ему Occeanus orientalis indicus, т. е. океанъ западный и океанъ восточный Индійскій. Оба эти океана составляли такъ называемое Mare externum (море внѣшнее), тогда какъ Средиземное море представляло Mare internum (море внутреннее). Встрѣчавшееся въ это время названіе Oceanus Atlanticus собственно относилось къ части этого океана у западныхъ береговъ Марокко и у Канарскихъ о-въ. Колумбъ, отправляясь въ свое путешествіе, полагалъ именно пересѣчь этотъ единственный океанъ и, идя постояно на западъ, достигнуть такимъ образомъ Индіи. Послѣдующія географическія открытія и путешествія внесли массу новыхъ названій и притомъ одному и тому же океану давали нѣсколько названій. Такъ, Магелланъ, послѣ 100 дневнаго бурнаго плаванія, выйдя изъ пролива своего имени въ океанъ, показавшійся ему сравнительно необыкновенно спокойнымъ, назвалъ его Тихимъ океаномъ; Бальбоя, идя черезъ Панамскій перешеекъ, впервые увидѣлъ этотъ же океанъ на югѣ и потому назвалъ его Южнымъ (Mar del Zur) моремъ (Südsee). Названіе Атлантическій океанъ примѣнялось то къ цѣлому океану, то лишь къ сѣверной его части (тогда какъ южную называли Эѳіопскимъ моремъ), или къ нѣкоторымъ его отдѣльнымъ частямъ, и наконецъ, даже ко всѣмъ океанамъ. Каждый изъ географовъ, предлагая свою отдѣльную номенклатуру и дѣленіе океановъ, повидимому руководствовался лишь своимъ личнымъ взглядомъ, не основываясь на естественныхъ границахъ. Такъ, напр. академикъ Бюаше, различая только три океана—Атлантическій, подъ именемъ просто океанъ, Индійское море и затѣмъ Великое море (такъ назв. Тихій океанъ)—и подраздѣляя ихъ на отдѣльныя моря, принялъ въ основаніе этого дѣленія предполагавшіеся имъ подводные хребты, подобные тѣмъ, которые имѣются на континентахъ, и отъ которыхъ по его мнѣнію зависѣло очертаніе послѣднихъ. Единственную въ свое время, частью на морфологическомъ принципѣ, классификацію морей мы встрѣчаемъ (въ 18 ст.) у Флеріэ. Онъ различаетъ само-

стоятельные океаны и затѣмъ средиземныя моря, имѣющія одинъ выходъ въ океанъ, и внутреннія моря со многими такими выходами. Относительно океановъ онъ считалъ только два океана: Атлантическій и Великій, раздѣляемые двумя группами материковъ: съ одной стороны С.-Ю. Америка, а съ другой Европа—Азія—Австралія. Полярные круги должны были представить границы Арктическаго и Антарктическаго морей; Индійскій океанъ онъ присоединялъ къ Великому, называя его то моремъ Индійскимъ, то Великимъ Индійскимъ заливомъ. Сверхъ того онъ предлагалъ еще раздѣлить каждый океанъ по поясамъ, чѣмъ значительно усложнялась система дѣленія. Эта непослѣдовательность, а также новое дѣленіе океановъ, вопреки всѣхъ традицій, были причиною того, что идея Флеріэ не привилась. Такимъ образомъ продолжалось смѣшеніе въ названіяхъ и подраздѣленіяхъ водъ земной поверхности, пока наконецъ Лондонское Географическое общество въ 1845 году не рѣшилось предложить одну общую номенклатуру и принять слѣдующее дѣленіе океановъ:

1) Атлантическій съ границами: сѣв. и южн. полярные круги, меридіаны мыса Игольнаго и мыса Горна.

2) Индійскій съ границами: южный полярный кругъ и меридіаны мыса Игольнаго и южной оконечности Тасманіи.

3) Тихій (или Великій, или Южное море) съ границами: на сѣверѣ Беринговъ проливъ, на югѣ южный полярный кругъ. Сюда же включаются и моря Австралійско-Азіатскаго архипелага.

4) Арктическій, ограниченный сѣвернымъ полярнымъ кругомъ, и

5) Антарктическій — внутри южнаго полярнаго круга.

Эта классификація и вошла во всеобщее употребленіе, хотя и теперь многіе изъ нѣмецкихъ географовъ причисляютъ напр. моря Австралійско-Азіатскаго архипелага не къ Тихому, а къ Индійскому океану. Установленныя однако границы для океановъ не вездѣ соотвѣтствуютъ естественнымъ границамъ. Но

если проведеніе такихъ границъ встрѣчаетъ нерѣдко затрудненія даже на материкѣ, то еще большія трудности представляютъ въ этомъ отношеніи моря и океаны. Трудно, напр., встрѣтить въ океанахъ подобную естественную границу, какую мы видимъ въ Беринговомъ проливѣ, раздѣляющемъ Арктическій океанъ отъ Тихаго океана. Въ южномъ полушаріи, уже южнѣе 60° ю. шир. Атлантическій, Индійскій и Тихій океаны вполнѣ сливаются и отдѣленіе ихъ отъ Антарктическаго океана полярнымъ кругомъ можетъ считаться только условною, но вполнѣ произвольною границею, принятою лишь по необходимости за отсутствіемъ какихъ бы то ни было условій разграниченія. Если раздѣленіе Тихаго и Атлантическаго океановъ меридіаномъ мыса Горна съ морфологической точки зрѣнія и могло бы быть принято въ виду того, что къ этому мѣсту близко подходитъ земля Грагама, принадлежащая уже къ антарктическимъ странамъ, то выборъ меридіана мыса Игольнаго, какъ границы между Атлантическимъ и Индійскимъ океанами, едва ли можетъ считаться удачнымъ, такъ какъ южнѣе Игольнаго мыса простирается открытое море безъ всякихъ признаковъ существованія гдѣ либо материка. Крюммель [32]) находитъ, что при классификаціи океановъ лучше всего принять во вниманіе, въ виду отсутствія во многихъ случаяхъ морфологическихъ признаковъ, систему теченій и другія физіологическія данныя, и на этомъ основаніи предлагаетъ моря раздѣлить на самостоятельныя и несамостоятельныя. Первыми онъ считаетъ тѣ, которыя имѣютъ собственную систему теченій; таковы — Атлантическій, Тихій и Индійскій океаны. Къ несамостоятельнымъ же морямъ относятся тѣ, физическія свойства которыхъ находятся въ зависимости отъ океановъ, благодаря болѣе или менѣе широкому сообщенію съ послѣдними. Такъ, напр., Балтійское море, если бы прекратилось его сообщеніе съ океаномъ, по всей вѣроятности сдѣлалось бы прѣснымъ, и напротивъ, при болѣе широкомъ сообщеніи съ океаномъ соленость его могла бы увеличиться. Средиземное и Красное моря при тѣхъ же условіяхъ пріо-

брѣли бы противоположныя свойства. Слѣдовательно эти моря относительно своихъ свойствъ находятся въ зависимости отъ океановъ. Затѣмъ, несамостоятельныя моря Крюммель предлагаетъ различать по положенію ихъ относительно материковъ и по ширинѣ сообщеній ихъ съ океаномъ и глубинѣ, и такимъ образомъ онъ приходитъ къ слѣдующей классификаціи океановъ и морей:

A. Самостоятельные водоемы съ собственною системою теченій — это океаны:

1. Атлантическій.
2. Индійскій.
3. Тихій.

B. Несамостоятельныя моря, свойства которыхъ зависятъ отъ открытыхъ океановъ:

a. Внутреннія моря, заключенныя между большими массами материковъ:

1) Съ однимъ выходомъ въ океанъ:

Средиземное море со включеніемъ Чернаго.

Красное море.

Персидскій заливъ.

Балтійское море.

2) Со многими выходами на одной сторонѣ:

Американское Средиземное море (Караибское и Мексик.).

3) Съ однимъ выходомъ на одной и многими на другой сторонѣ:

Сѣверное полярное море.

4) Со многими выходами на обѣихъ сторонахъ:

Австрал.-Азіатское море (въ Австр.-Азіатск. архипелагѣ).

b. Моря, прилегающія къ большимъ материкамъ (окраинныя или прибрежныя).

5) Мелкія и въ геологическомъ смыслѣ новыя моря.

Нѣмецкое море.

Англійскій каналъ и Ирландское море.

Восточно-Китайское море и Печилійскій заливъ.

6) Глубокія моря:

Японское.

Охотское.

Берингово.

Заливъ Св. Лаврентія.

Антарктическій океанъ по этой классификаціи не принимается вовсе во вниманіе, такъ какъ свѣдѣнія о немъ пока слишкомъ недостаточны.

Классификація Крюммеля можетъ разсматриваться только какъ попытка дѣленія внѣшнихъ водъ, основываясь на физіологическомъ принципѣ, но съ этой точки зрѣнія только подробное изученіе океановъ и морей можетъ привести къ правильной классификаціи.

Проф. Воейковъ [33]) предложилъ измѣнить классификацію Крюммеля по отношенію морей, а именно, ввести дѣленіе морей на средиземныя, островныя, переходныя и окраинныя или заливы. Средиземными онъ называетъ такія моря, которыя на $^{19}/_{20}$ пространства ограничены материками и отдѣляются отъ океана или сосѣднихъ морей проливами (не болѣе трехъ), шириною не болѣе 1 кил. на 5000 кв. кил. поверхности моря; островными — моря, ограниченныя слишкомъ на $^{1}/_{5}$ островами и сообщающіяся съ океаномъ или сосѣднимъ моремъ проливами не шире 300 кил.; переходными — моря, ограниченныя на $^{2}/_{3}$ пространства материками и отдѣленныя отъ океана проливами шире 300 кил.; окраинными — такія моря, въ которыхъ ширина проливовъ менѣе 1 кил. на 10 кв. кил. поверхности моря и не менѣе главной части моря. По этой классификаціи имѣемъ:

Средиземныя моря: Средиземное съ Чернымъ, Красное, Персидскій заливъ, Балтійское.

Островныя: Азіатско-Австралійское (Южно-Китайское, Явское, Сулу, Целебесъ, Банда, Арафура, зал. Карпентарія), Мексиканскій зал. и Караибское море, Японское и Охотское моря.

Переходныя: С. Ледовитый океанъ, зал. Св. Лаврентія, Берингово, Восточно-Китайское море.

Окраинныя: Калифорнскій, Фунди, Аденскій и Бенгальскій заливы, Бискайское море, Аравійское, Англійскій каналъ, Нѣмецкое море.

Обратимся къ характеристикѣ океановъ.

Каждый изъ океановъ имѣетъ нѣкоторыя особенности, связанныя какъ съ характеромъ и развѣтвленіемъ береговъ, такъ и съ размѣрами сообщенія съ другими океанами и морями, съ количествомъ и многоводностью рѣчныхъ бассейновъ и численностью и распредѣленіемъ острововъ.

Атлантическій океанъ представляетъ собою какъ бы извилистую рѣку съ параллельными берегами, при чемъ сѣверная и южная половины имѣютъ различный характеръ. Сѣверная половина имѣетъ чрезвычайно развѣтвленные берега; воды ея вдаются далеко въ материки, образуя огромнѣйшее въ мірѣ средиматериковое море, Средиземное съ Мраморнымъ и Чернымъ морями, затѣмъ, также средиматериковое море Балтійское и прибрежныя моря Нѣмецкое, Карибское, Мексиканскій зал. и заливъ Св. Лаврентія. Южная половина океана имѣетъ почти прямолинейные берега и лишена морей, образуя лишь открытый къ океану Гвинейскій заливъ. Съ Сѣвернымъ Ледовитымъ океаномъ Атлантическій океанъ соединяется посредствомъ Гудзонова пролива, Дэвиса пролива (шир. около 200 миль), пролива между Исландіею и Гренландіею и морл между Исландіею и Норвегіею, называемаго Сѣв. Европейскимъ моремъ, шириною около 400 миль. Изъ этихъ путей послѣдній только имѣетъ значеніе для мореплаванія, такъ какъ остальные большею частью загромождены льдами. Съ Южнымъ Ледовитымъ океаномъ Атлантическій океанъ имѣетъ вполнѣ свободное и широкое сообщеніе. Самая широкая часть океана свыше 4500 миль между м. Боядоръ (Африка) и Матаморосъ (въ Мексикѣ). Самая же узкая его часть 1500 миль между мысомъ Фарвель и Норвегіею. Характерною особенностью этого океана, сравни-

тельно съ другими, составляютъ большія рѣки, какъ по размѣрамъ своихъ бассейновъ, такъ и по многоводности (Амазонка, Конго, Ла-Плата, Миссисипи и т. п.). Въ отношеніи острововъ Атлантическій океанъ, особенно южная часть, бѣднѣе остальныхъ океановъ.

Тихій океанъ представляетъ различный характеръ въ восточной и западной половинѣ. Восточная его часть имѣетъ характеръ океаническій, продольные его берега крайне однообразны и образуютъ всего два залива—Калифорнскій и Арика, тогда какъ западная изобилуетъ океаническими островами, прибрежными морями (Охотское, Японское, Восточно-Китайское) съ берегами довольно развѣтвленными и нѣсколькими большими рѣками. Съ Сѣв. Ледовитымъ океаномъ онъ сообщается только черезъ Беринговъ проливъ, шириною около 50 миль, на югѣ же его воды сливаются съ водами Южнаго Ледовитаго океана такъ же свободно, какъ и Атлантическій океанъ. Наибольшей ширины океанъ достигаетъ налиніи Колумбія—южная оконечность Филиппинскихъ острововъ, а именно около 9400 миль, т. е. вдвое шире, чѣмъ наибольшая ширина Атлантическаго океана. Въ общемъ сѣверная часть океана ѵже южной.

Индійскій океанъ вдается въ материкъ съ сѣверной стороны, образуя большіе заливы (Аравійское море съ Краснымъ и Персидскимъ заливомъ и Бенгальскій заливъ), а съ южной онъ вступаетъ въ свободное сообщеніе съ Атлантическимъ, Тихимъ и Антарктическимъ океаномъ. Западная его часть богаче островами, нежели восточная.

Сѣверный Ледовитый океанъ окаймленъ большими равнинами и островами; такъ, имѣемъ цѣлый архипелагъ у сѣв.-зап. береговъ Америки, затѣмъ отдѣльно лежащія группы: Шпицбергенъ, Земля Франца-Іосифа, Новая Земля, Ново-Сибирскіе острова, Врангеля и т. д. Кромѣ обилія острововъ, въ него впадаетъ много большихъ многоводныхъ рѣкъ, но все это для практики мало имѣетъ значенія по причинѣ почти постоян-

ныхъ льдовъ между островами; только путь изъ Европы черезъ Карское море къ Енисею бываетъ иногда въ концѣ лѣта свободнымъ отъ льдовъ.

Для сопоставленія океановъ и морей въ отношеніи развитія береговъ, Крюммель вычислилъ такое развитіе, пользуясь тѣми же пріемами, какъ и для материковъ (стр. 309), и получилъ:

для	Атлантическаго океана	45,8
	Индійскаго	42,0
	Тихаго	30,6
	Средиземнаго моря	77,0
	Англійск. канала и Ирландскаго моря	66,7
	Балтійскаго моря	64,4
	Краснаго моря	56,1
	Австралійско-Азіатскаго	51,8
	Восточно-Китайскаго	44,9
	Американскаго Средиземнаго	41,7
	Св. Лаврентія (заливъ)	54,8
	Японскаго	41,1
	Охотскаго	45,4
	Сѣв. Ледовитаго	62,8
	Берингова	31,2
	Персидскаго залива	35,5
	Нѣмецкаго	28.9

Величина поверхности океановъ и морей. Для величины поверхности океановъ и морей мы приводимъ ниже данныя по Вагнеру [20]), основанныя на непосредственныхъ измѣреніяхъ водъ Крюммеля въ 1881 г. и Карстенса въ 1894 г. Границы для океановъ приняты тѣ, которыя установлены въ Лондонѣ въ 1845 г., неизвѣстныя же полярныя области распредѣлены между водами и сушею въ отношеніи 73 : 27, т. е. въ отношеніи, принятомъ Карстенсомъ для извѣстной части земной поверхности.

Величина поверхности въ 1000 кв. г. м. (1000 кв. кил.).

Моря.			Моря.		
Тихій ок.	2901	(161153)	Атлант. ок.	1439	(79954)
Беринговое м.	41	(2265)	Гудзонов. з.	22	(1223)
Охотское	27	(1511)	Св. Лаврентія	4	(219)
Японское	19	(1044)	Багамское	7	(405)
В.-Китайск.	22	(1242)	Мексиканскій	28	(1560)
Китайское	55	(3046)	Караибское	47	(2619)
Сіамскій з.	5	(295)	Нѣмецкое	10	(548)
Зондское	58	(3242)	Англійскій к. и Ирландское	4	(213)
Зулу-Целебесъ	18	(974)			
Карпентарія з.	9	(525)	Балтійское	8	(431)
Калифорнскій	3	(167)	Средиз. Черное	53	(2964)
Тихій ок. съ морями	3158	(175464)	Атлантич. съ морями	1622	(90136)
Индійскій ок.	1309	(72698)	С. Ледовитый	230	(12796)
Красное м.	8	(449)	Ю. Ледовитый	281	(15630)
Персидскій з.	4	(237)			
Андаманское м.	14	(791)			
Индійскій ок. съ морями	1335	(74175)			

Общая сумма всѣхъ морскихъ водъ составляетъ 6626 тыс. кв. г. м. (368,2 мил. кв. кил.); она разнится менѣе 1% отъ величины на стр. 281, выведенной вычитаніемъ величины суши изъ всей земной поверхности. Полученный непосредственными измѣреніями водъ излишекъ въ 47 тыс. кв. г. м. относится къ неизвѣстной южной полярной области.

Принимая Тихій океанъ за единицу, получимъ относительныя величины

Атлантическаго океана	0,51
Индійскаго	0,42

С. Ледовитаго	0,07
Ю. Ледовитаго	0,08

По отношенію къ общей величинѣ водъ, величина отдѣльныхъ океановъ выразится слѣдующими числами:

Тихій океанъ	0,48
Атлантическій	0,25
Индійскій	0,20
С. Ледовитый	0,03
Ю. Ледовитый	0,04

Такимъ образомъ, Тихій океанъ наибольшій изъ океановъ; онъ же, какъ увидимъ ниже, и самый глубокій, а потому вполнѣ правильно называется Великимъ.

ОБЪ УРОВНѢ МОРЯ.

Видъ уровня океана.

Уровнемъ называютъ такую поверхность, которая въ каждой данной точкѣ нормальна къ равнодѣйствующей силъ, приложенныхъ къ данной точкѣ. Такъ, поверхность спокойной жидкости, нормальная къ направленію силы тяжести, есть поверхность уровня. Уровень моря опредѣляется, такимъ образомъ, вполнѣ силами, дѣйствующими на его частицы, а эти силы, въ случаѣ спокойной поверхности моря, какъ извѣстно, сводятся къ притяженію земли и центробѣжной силѣ, происходящей отъ вращенія земли около оси. Если бы земная поверхность представляла всемірный океанъ или вообще жидкое тѣло однородной плотности, то Ньютонъ доказалъ, что форма ея была бы эллипсоидомъ вращенія со сжатіемъ у полюсовъ $^1/_{230}$. Позже Лапласъ, принимая землю за первоначально жидкое неоднородное тѣло, доказалъ, что она должна обладать также

формою эллипсоида и состоять изъ однородныхъ по плотности концентрическихъ слоевъ. По теоріи Лапласа, слѣдовательно, поверхность невозмущеннаго океана должна представлять эллипсоидъ вращенія, но самъ Лапласъ уже указывалъ на вѣроятныя уклоненія въ дѣйствительности, вслѣдствіе бокового притяженія материковъ и аномалій въ распредѣленіи плотности. Вслѣдствіе большей плотности материковъ сравнительно съ водами, направленіе тяжести на прибрежьи океана должно отклоняться отъ отвѣсной линіи въ сторону материка; это отклоненіе должно быть тѣмъ меньшее, чѣмъ больше будемъ удаляться отъ берега, и наибольшее оно на границѣ водъ. Но съ отклоненіемъ отвѣса сопряжено измѣненіе вида морского уровня, который всегда остается нормальнымъ къ направленію отвѣса. Слѣдовательно, въ нѣкоторомъ разстояніи отъ берега уровень долженъ начать повышаться относительно теоретическаго эллипсоида; надъ линіею берега онъ достигнетъ наибольшаго превышенія, а далѣе вглубь материка, если предположить каналъ, сообщающійся съ океаномъ, уровень будетъ понемногу понижаться, оставаясь все же выше эллипсоидальной поверхности.

Первый обратилъ вниманіе на вычисленіе величины поднятія морского уровня подъ вліяніемъ материковъ французскій ученый Сежи [34]) въ 1842 г. Принимая материки за цилиндры, высотою равною средней ихъ высотѣ, Сежи вычислилъ поднятіе уровня у береговъ Европы — 119 ф., Азіи — 475 ф., Африки — 383 ф., С. Америки — 178 ф. и Юж. Америки — 251 ф. Въ 1849 г. Стоксъ [35]), не имѣя данныхъ о глубинахъ океановъ, задается лишь математическою задачею вычислить на основаніи потенціальной теоріи притяженіе круглаго острова, радіусомъ въ 1000 англійскихъ миль и окруженнаго на томъ же разстояніи моремъ, и получаетъ величину поднятія 1535 футъ.

Въ то же время вычисленія Фишера и Брунса [36]) приводили къ разностямъ уровня океана до 2 т. ф. Результаты, полученные путемъ вычисленія, Фишеръ старался провѣрить посредствомъ

наблюденій, производившихся въ разное время надъ качаніемъ маятника въ различныхъ мѣстахъ. Извѣстно, что число качаній маятника обусловливается напряженіемъ силы тяжести, такъ что изъ наблюденій надъ маятникомъ можно опредѣлить силу тяжести въ данномъ мѣстѣ. При сравненіи этихъ наблюденій на берегахъ материковъ и на островахъ въ океанѣ оказался замѣчательный фактъ, что сила тяжести на берегахъ континентовъ или вблизи ихъ на островахъ меньше, а на островахъ, расположенныхъ вдали отъ континентовъ, больше, чѣмъ это должно было бы быть, если бы эти мѣста находились на уровнѣ эллипсоида вращенія. Такъ, на островѣ Бонинъ маятникъ, оказалось, на 11,8 колебаній въ сутки совершаетъ болѣе, чѣмъ слѣдовало бы въ этой широтѣ при нормальномъ напряженіи силы тяжести; на островѣ Св. Елены на 6,6 колебаній болѣе, тогда какъ въ Ріо-Жанейро на 3,8 менѣе, на островѣ Тринидадѣ (берегъ южной Америки) на 5,4 менѣе и т. д. Такъ какъ въ виду большей плотности материковъ сравнительно съ океаномъ надо было бы ожидать большее число колебаній маятника на берегу материковъ, а не посреди океановъ, то Фишеръ и Брунсъ пришли къ заключенію, что увеличеніе тяжести на Бонинѣ и о-вѣ Св. Елены происходитъ вслѣдствіе большей близости къ центру земли, а уменьшеніе силы тяжести въ Ріо-Жанейро, Тринидадѣ и др., благодаря большему ихъ удаленію отъ центра земли, чѣмъ разстояніе точекъ эллипсоида вращенія.

Листингъ[37]) исходя изъ подобныхъ измѣреній силы тяжести, нашелъ, что на берегахъ Ю. Америки уровень повышенъ почти на 2 тыс. футъ, а у океаническихъ острововъ понижень — почти на 4 тыс. футъ. Эти значительныя неравности уровня подали Листингу мысль предложить названіе „геоидъ“ для выраженія истинной формы земли, при чемъ онъ пытался опредѣлить форму этого геоида, вычисляя его положеніе относительно нѣкотораго эллипсоида вращенія. Проф. Р. Э. Ленцъ, принявъ во вниманіе большее число данныхъ, чѣмъ у Листинга,

нашелъ, что надъ материкомъ геоидъ подымается надъ эллипсоидомъ или частью совпадаетъ съ нимъ, а на островахъ въ серединѣ океановъ геоидъ опускается.

Нѣкоторые геодезисты и астрономы отрицаютъ вовсе существованіе геоида Листинга. Такъ, проф. Цингеръ [38]) находитъ, что увеличеніе силы тяжести относительно нормальной на нѣкоторыхъ океаническихъ островахъ есть слѣдствіе притяженія массы самого острова, окруженнаго глубокимъ моремъ сравнительно меньшей плотности, что, слѣдовательно, эти явленія мѣстнаго характера, и что большія аномаліи въ силѣ тяжести, подобныя тѣмъ, какъ на океанскихъ островахъ, встрѣчаются и на материкахъ и въ такихъ мѣстахъ, гдѣ ихъ трудно даже объяснить какими-нибудь иными причинами, какъ особымъ распредѣленіемъ массъ подъ поверхностью земли, и что поэтому основывать выводы лишь на немногихъ наблюденіяхъ по маятнику на океанскихъ островахъ слишкомъ преждевременно. Знаменитый астрономъ Фэй [39]) указалъ на то, что земная кора подъ дномъ океана можетъ имѣть большую толщину и большую плотность, чѣмъ подъ материками, отчего и сила тяжести на океанскихъ островахъ получается больше, чѣмъ на континентахъ. Причина большей толщины и плотности земной коры подъ морскимъ дномъ, по мнѣнію Фэя, можетъ заключаться въ слѣдующемъ. Извѣстно, что температура воды на днѣ всѣхъ океановъ близка къ 0°, почему дно океанское, отъ соприкосновенія съ такою холодною водою, постоянно охлаждается, а такъ какъ такой порядокъ вещей продолжается можетъ быть милліоны лѣтъ, то эта причина вполнѣ достаточна, чтобы повліять на большее охлажденіе внутренняго жидкаго ядра земли, слѣдовательно, и на большую толщину земной коры подъ дномъ океановъ, сравнительно съ таковою же подъ материками. Но такъ какъ, по мнѣнію Фэя, переходъ тѣла изъ жидкаго состоянія въ твердое увеличиваетъ его плотность, то, поэтому, подъ дномъ океана породы должны имѣть большую плотность, чѣмъ подъ материками. Противъ гипотезы Фэя возсталъ геологъ Лаппаранъ [40]),

указывая, что физическое строеніе земной коры намъ почти вовсе неизвѣстно, и потому гипотеза, основанная на этомъ, можетъ заслуживать вниманія лишь въ томъ случаѣ, когда она подкрѣплена какими-нибудь другими явленіями. Но такихъ явленій Фэй не приводитъ, между тѣмъ соображенія относительно дурной теплопроводности земныхъ породъ, болѣе быстрое увеличеніе температуры съ глубиною въ полярныхъ материкахъ, чѣмъ въ умѣренныхъ странахъ, хотя въ полярныхъ странахъ почва почти постоянно мерзлая и оттаиваетъ лѣтомъ лишь на поверхности, затѣмъ, увеличеніе температуры въ земныхъ пластахъ и подъ снѣжными вершинами и т. п. другія, приводятъ къ тому, что вліяніе температуры дна океановъ на нижележащіе слои должно быть крайне ничтожное, и потому Лаппаранъ считаетъ, что предположеніе Фэя не имѣетъ серьезнаго основанія.

Но, считая основы гипотезы Фэя шаткими, нельзя въ то же время отрицать возможности нѣкоторой компенсаціи плотности подъ материками и подъ океанами.

Съ другой стороны отклоненія формы земли отъ эллипсоидальной несомнѣнны, такъ какъ величины сжатія земли, полученныя изъ разныхъ градусныхъ измѣреній и изъ наблюденій по маятнику, нѣсколько разнятся между собою, и эти разности не могутъ быть приписаны вполнѣ случайнымъ ошибкамъ. Въ то же время наблюденія указываютъ на отклоняющее вліяніе горъ, мѣстами весьма значительное; но какъ горы, такъ и каждое, хотя и небольшое, поднятіе и пониженіе поверхности суши или морского дна, но особенно измѣненіе плотности массъ, должно отражаться соотвѣтственно на отклоненіи уровня. Морская поверхность, такимъ образомъ, подъ вліяніемъ силы тяжести должна представлять дѣйствительно геоидъ, и вопросъ сводится только къ величинѣ отклоненій этого геоида отъ эллипсоида.

На материкахъ можно опредѣлить относительную величину отклоненія геоида, если путемъ геометрическихъ нивел-

лировокъ установить положеніе средняго уровня вдоль морскихъ прибрежій и опредѣлить отклоненіе отвѣсной линіи для малыхъ участковъ относительно какого-либо исходнаго пункта, сопоставляя широты и долготы, выведенныя изъ тріангуляціи, съ астрономическими. Этотъ методъ дополняется еще измѣреніями силы тяжести и вычисленіями на основаніи распредѣленія плотностей въ землѣ, получая послѣднее изъ геологическихъ съемокъ и для болѣе глубокихъ слоевъ, пользуясь гипотезами.

Подобнымъ образомъ найдено, что геоидъ, совпадающій съ эллипсоидомъ на берегу Нѣмецкаго моря [41]), представляетъ надъ Альпами слабое отраженіе рельефа Альпъ, достигая максимума превышенія надъ эллипсоидомъ около 50 ф. Также на Кавказѣ превышеніе геоида надъ совпадающимъ съ нимъ у моря эллипсоидомъ достигаетъ 66 футъ. На Гаваи геоидъ, совпадающій съ эллипсоидомъ на сѣверномъ берегу, достигаетъ на островѣ превышенія надъ элипсоидомъ до 100 ф. и круто спускается къ морю.

Отсюда видимъ, что на материкахъ и островахъ геоидъ немного отклоняется отъ эллипсоида: въ Европѣ максимумъ 70 ф., для Азіи и Америки надо ожидать больше, пока измѣренія даютъ до 165 ф.

Для океановъ подобныхъ опредѣленій мы не имѣемъ, такъ какъ, съ одной стороны, вышеуказанныя наблюденія надъ отклоненіемъ отвѣсной линіи на океанѣ невозможны, а съ другой — распредѣленіе плотностей массъ неизвѣстно. Для океановъ предлагали получить данныя для отклоненія геоида отъ эллипсоида изъ сопоставленія наблюденій по ртутному барометру (высота зависитъ отъ силы тяжести) съ наблюденіями по анероиду или гипсотермометру, показанія которыхъ, какъ извѣстно, независимы отъ силы тяжести. Поправки анероида могутъ измѣняться съ теченіемъ времени, и потому Уаткинъ (Watkin) предлагаетъ хранить анероидъ подъ постояннымъ давленіемъ и только вынимать его на короткое время для наблюденій. Лучше однако для этой цѣли можетъ

служить гипсотермометръ, изготовленный изъ неизмѣняемаго іенскаго стекла. Если постоянная такого прибора извѣстна, то по немъ найдемъ истинное давленіе воздуха B, а если въ то же время исправленная высота ртутнаго барометра b, то ускореніе силы тяжести g получится въ данномъ мѣстѣ изъ выраженія $g = \frac{B}{b} g_{45}$ гдѣ g_{45} — нормальная тяжесть въ шир. 45°.

Измѣненіе силы тяжести на 330 ф. высоты соотвѣтствуетъ измѣненію давленія приблизительно на 0,03 мм., слѣдовательно, для обнаруженія отклоненій геоида въ океанѣ даже въ 300 ф. точность барометрическихъ наблюденій должна достигать сотыхъ долей миллиметра. Такая точность для морскихъ барометровъ невозможна. При благопріятныхъ обстоятельствахъ можно бы достигнуть точности 0,1 мил., поэтому подобнымъ методомъ могли бы быть опредѣлены лишь значительныя отклоненія геоида въ океанѣ, не менѣе 1200 ф.

Такимъ образомъ, для океана остается пока гипотетическій путь вычисленій по измѣреніямъ силы тяжести на океаническихъ островахъ. Гельмертъ [42]), которому принадлежатъ наиболѣе подробныя въ этомъ отношеніи изслѣдованія, пользуясь всѣми имѣющимися измѣреніями силы тяжести, показалъ, что массы горъ болѣе или менѣе компенсированы подъ землею, откуда онъ заключаетъ, что и всѣ материковыя массы болѣе или менѣе компенсируются расположенными подъ ними дефектами массъ. Наибольшую тяжесть, которую находятъ на островахъ, поэтому, слѣдуетъ отнести частью на массу острова, а частью на накопленіе массъ подъ морскимъ дномъ, такъ что материковыя массы являются перекомпенсированными.

Такимъ образомъ, Гельмертъ принимаетъ, подобно Фэю, что плотность массъ подъ морскимъ дномъ болѣе, чѣмъ на той же глубинѣ подъ материкомъ. Отклоненіе геоида отъ эллипсоида, выведенное при такомъ предположеніи, не должно превышать 660 ф., величина достаточная, чтобы объяснить противорѣчіе въ результатахъ градусныхъ измѣреній и наблю-

деній маятника для сжатія земли. Единственныя имѣющіяся на океанѣ на льду измѣренія силы тяжести, полученныя Ганзеномъ изъ полярнаго путешествія Нансена, говорятъ въ пользу вышеупомянутаго, такъ какъ эти измѣренія обнаружили нормальную силу тяжести.

Мессершмиттъ[41]) сдѣлалъ попытку составить себѣ представленіе о геоидѣ надъ океаномъ, основываясь на имѣющихся данныхъ для материковъ.

Если бы дно океана имѣло ту же плотность, что и слои на той же глубинѣ на материкѣ, то получилась бы простая система отклоненій отвѣса, сообразно рельефу дна. Изъ этого выходитъ, что ходъ геоида долженъ бы представить отраженіе рельефа дна въ сильно уменьшенномъ масштабѣ. Но такъ какъ по маятниковымъ изслѣдованіямъ, согласно Гельмерту и Фэю, надо принять плотность океанскаго дна больше, чѣмъ для той же глубины материковыхъ массъ, то отклоненія отвѣса вообще должны быть меньше. Напримѣръ, для Атлантическаго океана при одинаковомъ распредѣленіи массъ нельзя ожидать отклоненія отвѣса болѣе 1′, а при этомъ получается для Сѣв. Атлантическаго океана пониженіе геоида не болѣе 230 фут.; при неравномъ распредѣленіи массъ, если дно имѣетъ большую плотность, чѣмъ континентальные слои, пониженіе сведется до 160 ф. и меньше. Аналогично и для другихъ морей. Исходя изъ такихъ разсужденій, Мессершмиттъ полагаетъ, что едва ли можно ожидать пониженіе геоида въ океанахъ болѣе 500 ф. Подобная малая величина можетъ быть не принимаема въ расчетъ въ большей части физико-географическихъ вопросовъ.

До тѣхъ поръ, однако, пока наблюденія надъ силою тяжести не будутъ произведены на возможно большей части земной поверхности, особенно въ океанахъ, до тѣхъ поръ мы не будемъ имѣть достаточно вѣрнаго представленія о распредѣленіи силы тяжести, объ общихъ и мѣстныхъ ея аномаліяхъ, и уравновѣшиваются ли внутреннія неправильности строенія земли съ наружными, или же первыя перевѣшиваютъ послѣднія, и до

тѣхъ поръ вопросъ о величинѣ отклоненій геоида останется открытымъ.

Средній уровень моря.

Кромѣ бокового притяженія континентальныхъ массъ, уровень моря отклоняется отъ эллипсоидальной поверхности еще подъ вліяніемъ другихъ, второстепенныхъ причинъ; эти отклоненія сравнительно ничтожны и деформируютъ уровень частью лишь временно, то въ ту, то въ другую сторону. Если изъ наблюденій надъ высотою уровня за болѣе или менѣе продолжительное время вычислить среднюю его величину, то мы получимъ средній уровень. Предполагается обыкновенно, что такой средній уровень освобожденъ отъ вліянія случайныхъ причинъ, и это положеніе тѣмъ ближе къ истинѣ, чѣмъ больше періодъ наблюденій, послужившихъ для вывода средней величины. Суточное среднее уровня получается какъ среднее изъ ежечасныхъ наблюденій, а изъ среднихъ суточныхъ вычисляется средній мѣсячный уровень и средній годовой.

Второстепенныя причины, измѣняющія временно видъ уровня моря въ береговой полосѣ могутъ измѣнять и положеніе средняго уровня, такъ какъ вліяніе ихъ не вездѣ въ одинаковой степени выравнивается продолжительностью наблюденій. Эти причины слѣдующія: приливы и отливы, вѣтры, различіе въ плотности водъ и барометрическомъ давленіи, притокъ рѣчныхъ водъ и атмосферныхъ осадковъ.

Приливы и отливы измѣняютъ уровень періодически и вліяніе ихъ можетъ быть исключено въ среднемъ выводѣ, если наблюденія надъ уровнемъ обнимаютъ извѣстное большое число приливныхъ періодовъ.

Вліяніе вѣтра на уровень выражается двояко: образованіемъ волнъ и накопленіемъ воды у навѣтреннаго берега. Вліяніе волнъ, вслѣдствіе малаго періода послѣднихъ, можетъ быть легко устранено самимъ устройствомъ и способомъ наблю-

деній. Другое дѣло накопленіе водъ у навѣтреннаго берега. Въ этомъ случаѣ положеніе уровня зависитъ отъ направленія вѣтра, повышая уровень при морскихъ вѣтрахъ и понижая при береговомъ вѣтрѣ. Напримѣръ, въ Кронштадтѣ наибольшее повышеніе уровня соотвѣтствуетъ SW вѣтру (выс. 87 д.), а пониженіе ENE вѣтру (выс. 68 д.). Исключеніе подобнаго вліянія вѣтра изъ средняго уровня возможно только при отсутствіи преобладанія какого-либо направленія, въ противномъ же случаѣ и положеніе средняго уровня будетъ соотвѣтствовать господствующему направленію вѣтра, являясь повышеннымъ на навѣтренномъ берегу и пониженнымъ на подвѣтренномъ. Наблюденія во внутреннихъ моряхъ подтверждаютъ справедливость такого заключенія; напримѣръ, въ Балтійскомъ морѣ, гдѣ въ среднемъ за годъ господствуетъ SW вѣтеръ, средній уровень повышается вообще въ направленіи отъ W къ E, хотя разница и не превышаетъ нѣсколькихъ дюймовъ; такъ, для 1898 г. разность среднихъ уровней Травемюнде и Мемеля 5—6 дюйм., а въ многолѣтнихъ среднихъ она должна быть меньше.

На океаническихъ берегахъ мы должны ожидать также нѣкоторыя разности въ среднихъ уровняхъ въ зависимости отъ вѣтровъ; въ области пассатовъ восточныя прибрежья должны имѣть повышенный средній уровень, а западныя пониженный, тогда какъ въ области господствующихъ западныхъ вѣтровъ условія противоположны.

Образующіяся подъ вліяніемъ вѣтра такъ называемыя, согласно Мону, вѣтровыя поверхности уровня деформируются затѣмъ вліяніями разности плотностей морской воды, разности, происходящей отъ различія въ солености и температурѣ воды. Болѣе соленый бассейнъ имѣетъ болѣе низкій уровень, чѣмъ сообщающійся съ нимъ менѣе соленый бассейнъ, и вслѣдствіе этого образуется изъ послѣдняго къ первому теченіе, которое, соединяясь съ вѣтровымъ теченіемъ, образуетъ поверхность теченій. Такая поверхность имѣетъ, очевидно, склонъ въ на-

правленіи теченія и тамъ, гдѣ теченія постоянны, тамъ и склонъ постояненъ, т. е. средніе уровни отклоняются отъ поверхности геоида. На отклоненія вліяетъ и вращеніе земли около оси. Подъ вліяніемъ послѣдняго морскія теченія, уклоняясь вправо въ сѣверномъ полушаріи и влѣво въ южномъ, нажимаютъ и, слѣдовательно, накопляютъ воду у береговъ, расположенныхъ отъ направленія теченія вправо въ сѣверномъ и влѣво въ южномъ полушаріи. Въ зависимости отъ характера теченія, — постоянное, періодическое или временное — отъ развѣтвленія берега, обусловливающаго образованіе противотеченій или же затишій, средній уровень въ каждомъ данномъ мѣстѣ можетъ быть нѣсколько иной. Въ общемъ, однако, отклоненіе поверхности теченій отъ геоида не можетъ быть значительнымъ, такъ какъ скорость морскихъ теченій сравнительно не велика.

Барометрическое давленіе, повышаясь, понижаетъ уровень, а падая — повышаетъ его. Теоретически, измѣненіе давленія на 1 мм. должно производить измѣненіе уровня на 13,6 мм. Штальбергеръ изъ наблюденій въ Фіумэ нашелъ для 1 мм. давленія измѣненіе уровня въ 13,1 мм.; Эме для Алжира даетъ ту же величину, а Іокеръ для англійскихъ береговъ нѣсколько больше. Эти величины показываютъ хорошее согласіе съ теоретическими данными. Барометрическое давленіе въ среднемъ обнаруживаетъ въ однихъ мѣстахъ области высокаго давленія, а въ другихъ низкаго, и потому, положеніе среднихъ уровней въ такихъ мѣстахъ относительно невозмущенной поверхности должно быть различное.

Притокъ рѣчныхъ водъ неравномѣрно распредѣленъ по берегамъ, также какъ и испареніе и атмосферные осадки, поэтому положеніе средняго уровня должно зависѣть и отъ этихъ факторовъ, но вліяніе ихъ слагается въ конечномъ результатѣ въ плотности водъ. Эти факторы получаютъ большое значеніе для морей почти замкнутыхъ, такъ какъ ими опредѣляется общая масса водъ бассейна для даннаго времени. Если въ замкнутомъ морѣ прибыль водъ для извѣстнаго ряда лѣтъ

будетъ необычайная, то и средній уровень за эти года окажется гораздо выше океаническаго уровня сравнительно съ другими годами; при подобныхъ условіяхъ продолжительность ряда наблюденій особенно важна для вывода средняго уровня.

Изъ вышеизложеннаго слѣдуетъ, что нельзя разсчитывать на одинаковость среднихъ уровней въ разныхъ пунктахъ. Разность однако среднихъ уровней, происходящая подъ вліяніемъ второстепенныхъ причинъ, приводитъ, какъ сказано выше, къ теченіямъ, которыми восполняется отчасти эта разность и потому она вообще должна быть ничтожна.

Разность среднихъ уровней для различныхъ мѣстъ береговъ какого-либо материка опредѣляютъ обыкновенно нивеллировками, связуя послѣдними нули всѣхъ футштоковъ съ общею нивеллирною сѣтью даннаго материка. Нивеллировки прежнихъ временъ приводили къ довольно значительной разности среднихъ уровней моря, и такъ какъ эти разности превышали вѣроятныя ошибки нивеллировокъ, то результаты ихъ и не возбуждали никакихъ сомнѣній. Но съ усовершенствованіемъ нивеллировокъ новыя измѣренія показали, что разности уровней много меньше прежнихъ. Ляллемандъ даже полагаетъ, что со временемъ нивеллировки будутъ еще точнѣе и разности уровней поэтому окажутся еще меньше.

Нивеллировка Боливара въ 1828—1829 гг. черезъ Панамскій перешеекъ обнаружила разность уровней Атлантическаго и Тихаго океановъ почти $^1/_2$ саж. (1,07 м.), но въ 1878 году Люлль нашелъ, что уровни этихъ океановъ одинаковы.

Для европейскихъ морей находимъ у Ляллеманда слѣдующую сравнительную табличку прежнихъ и новѣйшихъ опредѣленій [43]).

Моря.	Мѣсто наблюденій.	Положеніе средняго уровня относительно теперешняго нуля Марсели.	
		По прежнимъ наблюденіямъ.	По новѣйшимъ наблюденіямъ.
Адріатическое	Тріестъ	+0,42 м.	+0,02 м.
	Венеція	—	—0,05
	Порто-Корсини	—	—0,04
	Анкона	—	—0,08
Средиземное	Генуя	—	—0,05
	Савона	—	—0,02
	Ницца	—0,08	—0,06
	Марсель	+0,07	+0,00
	Сеттъ	+0,11	+0,03
	Портъ-Вандръ	—	+0,07
Атлант. ок.	С. Жуанъ де Люцъ (Сокоа)	—	+0,25
	Брестъ	+1,10	+0,07
	Шербургъ	+0,90	+0,09
Нѣмецкое м.	Амстердамъ	+0,74	—0,01
	Куксгафенъ	+0,66	—0,03
Балтійское м.	Травемюнде	+0,68	—0,09
	Варнемюнде	+0,74	—0,04
	Свинемюнде	+0,86	—0,02

Судя по новѣйшимъ даннымъ, наибольшая разность въ среднихъ уровняхъ водъ, омывающихъ Европу, не превосходитъ 7 д. (18 сант.), если не принимать во вниманіе пунктъ Жуанъ де Люцъ, почему то особенно выдѣляющійся отъ другихъ по большой высотѣ уровня; эта разность должна быть отнесена частью къ неизбѣжнымъ ошибкамъ нивеллировокъ, но часть все же остается на долю мѣстныхъ подъемовъ уровня, подъ вліяніемъ второстепенныхъ причинъ (по Ляллеманду вѣроятная ошибка цифръ послѣдняго столбца вышеприведенной таблицы $\pm$ 0,15 м.).

По изслѣдованіямъ Розена [44]), для прибрежья Скандинавіи имѣемъ:

1) Періодическія колебанія уровня, зависящія отъ климатическихъ условій, одинаковы вообще во всей области, только

Ботническій заливъ представляетъ исключеніе вѣроятно вслѣдствіе вліянія большаго притока рѣчныхъ водъ.

2) Мѣстныя возмущенія въ высотѣ уровня происходятъ, главнымъ образомъ, подъ вліяніемъ вѣтровъ и теченій и колеблятся въ предѣлахъ 1 ф. (30 сант.).

3) Средній уровень Балтійскаго моря, повидимому, около 5,9 д. (15 сант.) выше, чѣмъ въ Каттегатѣ. По выводамъ Рылькe [45]), уровень въ Кронштадтѣ на 4—5 д. выше средняго уровня въ Либавѣ; разность же уровней морей Балтійскаго (у Кронштадта) и Чернаго (у Одессы) достигаетъ 2,8 ф., но неточность нивеллировки превышаетъ эту разницу, и потому нѣтъ возможности пока судить о дѣйствительной величинѣ разности среднихъ уровней обоихъ морей; нѣкоторая разность, конечно, должна существовать вслѣдствіе разницы въ солености этихъ морей. Также вслѣдствіе разности соленостей уровень Азовскаго моря долженъ быть нѣсколько выше уровня Чернаго моря, но такая разность уровней не могла быть выведена изъ нивеллировки.

Для Остъ-Индіи [43]) имѣемъ выводы Дж. Дарвина, и они обнаруживаютъ разность среднихъ уровней у Бомбея и Мадраса до 1,7 ф. (52 сант.), но часть этой разности можетъ быть отнесена къ ошибкамъ нивеллировки, и только часть къ вліянію мѣстныхъ условій. Также съемки въ Соединенныхъ Штатахъ С. Америки показали одинаковый средній уровень вдоль восточнаго прибрежья въ тѣхъ же предѣлахъ разницъ, какъ и въ Европѣ, но двойною нивеллировкой установлено, что уровень въ Мексиканскомъ заливѣ немного выше уровня у Ньюіорка, чѣмъ, очевидно, обусловлено направленіе Гольфстрима.

Несомнѣнно, что въ области постоянныхъ морскихъ теченій существуютъ вездѣ разности уровня, но, какъ мы уже упоминали выше, разности крайне малыя. Трудность въ опредѣленіи малыхъ разностей заключается въ неизбѣжныхъ ошибкахъ нивеллировокъ на большихъ разстояніяхъ.

Точность, однако, вывода разности среднихъ уровней за-

виситъ не только отъ точности нивеллировокъ, но и отъ точности вывода самого средняго уровня. Если послѣдній выведенъ за промежутокъ времени, обнимающій собою нѣсколько періодовъ астрономическихъ (приливы и отливы), то разница между средними уровнями для каждаго періода послужитъ мѣрою точности средняго уровня. Для полученія, напримѣръ, средняго уровня, освобожденнаго отъ вліянія приливовъ и отливовъ съ точностью до нѣсколькихъ миллиметровъ, надо, по мнѣнію Буке-де-ля-Гри, не менѣе половины наибольшаго луннаго періода (18 л.), т. е. 9 лѣтъ наблюденій. Для метеорологическихъ же явленій періоды пока не открыты, и потому неизвѣстно, какою продолжительностью наблюденій можно было бы ихъ вліяніе исключить, поэтому надо для вывода средняго уровня имѣть возможно большое число лѣтъ наблюденій.

Очевидно, съ теченіемъ времени число наблюденій увеличится и, слѣдовательно, точность вывода средняго уровня будетъ больше и явится возможность лучше судить о разности уровней разныхъ мѣстъ, но и теперь уже видно, что такія разности заключаются въ немногихъ дюймахъ.

Буке-де-ля-Гри полагалъ, что для опредѣленія разности уровней морей можно руководствоваться разностью плотностей водъ. Этимъ способомъ можно очевидно получить данныя независимо отъ точности выводовъ среднихъ уровней. Самъ Буке-де-ля-Гри изъ наблюденій надъ удѣльными вѣсами въ заливѣ Гасконскомъ противъ Гаронны и въ Средиземномъ морѣ противъ устья Роны вывелъ, что уровень у Гаронны выше уровня противъ Роны на 0,72 м. и такъ какъ нивеллировка 1825—27 гг., произведенная французскими инженерами вдоль Пиринеевъ, дала для разностей уровней Атлантическаго океана и Средиземнаго моря величину 0,73 м., то такое случайное совпаденіе цифръ Буке-де-ля-Гри и нивеллировки подало поводъ считать способъ Буке-де-ля-Гри, указанный выше, достаточно точнымъ, и потому были попытки опредѣлить этимъ способомъ разность уровней Балтійскаго, Чернаго морей и Атлантическаго

океана[46]). Но слѣдуетъ замѣтить, что 1) позднѣйшія нивеллировки, какъ видно изъ вышеприведенной таблички Ляллеманда, свели разность уровней Средиземнаго моря и Атлантическаго океана къ величинѣ меньшей 0,2 м., и 2) разность плотностей водъ есть только одна изъ числа многихъ второстепенныхъ причинъ, деформирующихъ уровень, а потому способомъ Буке-де-ля-Гри мы получаемъ только возможную разность уровней въ зависимости отъ разности плотностей, но вовсе не дѣйствительную разность, какъ результатъ совмѣстнаго дѣйствія многихъ факторовъ. Наконецъ, разность плотностей приводитъ къ динамической разности уровней, а вычисленія Буке-де-ля-Гри даютъ только статическую разность. Примѣръ того, какъ слѣдовало бы опредѣлять разности среднихъ уровней при наличіи разности плотностей и другихъ вліяющихъ на уровень факторовъ, даетъ намъ Монъ[47]) въ своихъ изслѣдованіяхъ системы теченій въ С. Европейскомъ морѣ (море между Норвегіею, Шотландіею, Исландіей и Шпицбергеномъ). Съ этими изслѣдованіями мы ближе познакомимся въ главѣ о морскихъ теченіяхъ, здѣсь же только укажемъ, что Монъ вычислялъ положеніе вѣтровой поверхности и поверхности плотности и барометрическаго давленія, и изъ совокупности этихъ поверхностей получилъ дѣйствительную поверхность теченій. По этимъ изслѣдованіямъ Сѣверное Европейское море вогнуто, пониженная точка его въ $68^1/_2$ с. ш. и 1° зап. дол.; отъ этой точки уровень повышается по всѣмъ направленіямъ такъ, что средній уровень у Христіаніи выходитъ на 2,6 ф. (0,8 м.) выше, чѣмъ у Нордкана.

Колебанія уровня моря.

Годовой ходъ уровня. Наблюденія показываютъ, что уровень въ каждомъ данномъ пунктѣ берега совершаетъ изо дня въ день колебанія. Такія колебанія на берегахъ океановъ

и открытыхъ къ нему морей совершаются съ правильною періодичностью и должны быть отнесены къ явленію приливовъ и отливовъ; въ моряхъ же, далеко углубленныхъ внутрь материка, какъ, напримѣръ, Черное и Балтійское моря, колебанія не обнаруживаютъ видимой правильности и обязаны въ значительной мѣрѣ измѣнчивости метеорологическихъ условій. Такъ какъ послѣднія обнаруживаютъ въ среднемъ выводѣ нѣкоторый годовой ходъ, то и средніе мѣсячные уровни, выведенные изъ многолѣтнихъ наблюденій, должны показывать извѣстную послѣдовательность.

Для Кронштадта изъ 46-лѣтнихъ наблюденій изслѣдованія Салтыкова [48]) обнаруживаютъ довольно правильный годовой ходъ; самый высокій уровень въ августѣ, послѣ чего уровень понижается до ноября, въ декабрѣ нѣсколько опять повышается, но затѣмъ идетъ быстрое пониженіе до апрѣля, когда уровень достигаетъ самаго низкаго стоянія; съ мая уровень повышается до августа. Годовая амплитуда 9,5 д. Подобный же годовой ходъ въ главныхъ чертахъ найденъ и проф. Зейбтомъ [49]) для южной части Балтійскаго моря (Травемюнде и Свинемюнде) изъ 34 и 78-лѣтнихъ наблюденій, при чемъ годовая амплитуда въ среднемъ (12—14 сант.) около 5 д.

Для береговъ Чернаго и Азовскаго морей годовой ходъ уровня обнаруженъ бар. Майделемъ и проф. Клоссовскимъ [50]), изъ 17-лѣтнихъ наблюденій въ портахъ и на маякахъ; поднятіе уровня обыкновенно начинается въ апрѣлѣ и достигаетъ максимума въ маѣ — іюнѣ или даже въ іюлѣ, въ зависимости отъ мѣста; затѣмъ къ зимнимъ мѣсяцамъ уровень вообще понижается, но время наступленія минимума въ разныхъ пунктахъ прибрежья столь различно, что это время для всего прибрежья обнимаетъ почти весь осенній и зимній сезоны. Годовая амплитуда колеблется для разныхъ мѣстъ отъ 6 до 18 д. и въ среднемъ для всего берега 7 д.

Вышеуказанныя данныя для Балтійскаго и Чернаго морей приводятъ къ нѣкоторой параллельности годового хода уровня

въ обоихъ моряхъ и даже къ одинаковой почти средней годовой амплитудѣ. Причина превышенія лѣтняго уровня надъ зимнимъ въ Балтійскомъ морѣ, по мнѣнію Зейбта, можетъ заключаться въ перемѣщеніи массъ приливной океанской волны, вслѣдъ за солнцемъ, лѣтомъ изъ южнаго полушарія въ сѣверное, а зимою наоборотъ; такое перемѣщеніе должно имѣть значеніе для морей, соединяющихся съ океаномъ, повышая въ сѣверныхъ моряхъ лѣтній уровень и понижая зимній.

По мнѣнію же проф. Клоссовскаго въ Черномъ морѣ главною причиною годового хода уровня слѣдуетъ признать вѣтра и давленіе воздуха, а второстепенными факторами являются приходъ рѣчныхъ водъ и частью лѣтнее нагрѣваніе, слѣдствіемъ котораго является расширеніе извѣстнаго столба водъ.

Брюкнеръ [51]), отвергая мнѣніе Зейбта, какъ слишкомъ гипотетическое и едва ли могущее быть примѣнимымъ въ одинаковой степени къ столь различно удаленнымъ отъ океана морямъ, какъ Балтійское и Черное, сопоставляетъ послѣднія съ Каспійскимъ моремъ и приходитъ къ заключенію, что для такихъ внутреннихъ морей, какъ Балтійское и Черное, вопросъ о годовомъ колебаніи уровня долженъ сводиться, главнымъ образомъ, къ вопросу о годовомъ колебаніи общаго прихода и расхода массы водъ всего бассейна, а потому наибольшую роль должны играть атмосферные осадки, выпадающіе въ области даннаго бассейна, также какъ и зависящія отъ нихъ половодье и маловодье рѣкъ бассейна. Затѣмъ, конечно, имѣетъ нѣкоторое значеніе и сезонное распредѣленіе вѣтровъ, причиняющихъ нагонъ или сгонъ водъ бассейна, но отчасти вліяющихъ и на мѣстныя годовыя колебанія уровня. Что же касается вліянія лѣтняго нагрѣванія, то оно должно, несомнѣнно, компенсироваться въ извѣстной мѣрѣ испареніемъ.

Вѣковыя измѣненія средняго уровня. Кромѣ колебаній уровня въ теченіе года, средній уровень колеблется и изъ года въ годъ. Для внутреннихъ морей эти колебанія могутъ совершаться въ большихъ размѣрахъ, и естественно является

вопросъ, компенсируются ли эти колебанія въ многолѣтнихъ выводахъ, или имѣетъ мѣсто систематическое измѣненіе уровня въ одномъ направленіи. Въ Балтійскомъ морѣ, въ Свинемюнде, гдѣ имѣется наиболѣе продолжительный рядъ наблюденій, именно съ 1811 года, средніе годовые уровни до 1888 г. въ общемъ колебались въ предѣлахъ $\pm$30 д. слишкомъ, при чемъ иногда за годомъ съ самымъ высокимъ уровнемъ слѣдовалъ годъ съ самымъ низкимъ уровнемъ; такъ, напримѣръ, между прочимъ, самый высокій уровень былъ въ 1825 и 1874 гг., самый низкій уровень былъ въ 1826, 1872 и 1875 гг., исключительный подъемъ средняго уровня приходился на 1822 и 1834 года. Изъ этихъ наблюденій Зейбтъ вывелъ, что средній уровень Свинемюнде не обнаруживаетъ систематическихъ измѣненій.

Брюкнеръ, изслѣдуя колебанія климатовъ съ 1700 г., пришелъ къ заключенію о существованіи въ этихъ колебаніяхъ 35-лѣтняго періода, въ теченіе котораго рѣки, озера и внутреннія моря, слѣдуя измѣненію количества осадковъ, одновременно повышаютъ или понижаютъ уровень своихъ водъ; мѣстами этотъ многолѣтній періодъ затемняется или даже совсѣмъ стушевывается болѣе продолжительными по времени колебаніями уровня. Такъ, по Брюкнеру, на нѣмецкомъ берегу Балтійскаго моря уровень колеблется соотвѣтственно выпадающимъ въ Германіи осадкамъ и притоку воды изъ рѣкъ, тогда какъ на берегахъ Швеціи и Финляндіи уровень не вполнѣ согласуется съ климатическими колебаніями, обнаруживая до извѣстной степени систематическое пониженіе. Также и вышеупомянутыя изслѣдованія Розена указываютъ на систематическое измѣненія средняго уровня какъ на Балтійскомъ прибрежьи Швеціи, такъ и въ Каттегатѣ.

На пониженіе уровня моря въ Швеціи впервые указалъ еще въ XVIII стол. извѣстный Цельсій, основываясь на показаніяхъ старожиловъ, что въ Ботническомъ заливѣ гавани и нѣкоторые проливы обмелѣли, что камни, прежде едва выхо-

дившіе изъ воды, сдѣлались островами и т. п. Въ то же время было указано на отступаніе воды по близости Нордкапа.

Въ 1807 г. геологъ Бухъ, изслѣдовавъ берега Норвегіи и Ботническаго залива и, найдя тамъ залежи современныхъ раковинъ на высотѣ 400 ф., вывелъ заключеніе, что весь берегъ отъ Торнео до Петербурга находится въ медленномъ повышеніи, но не отъ пониженія уровня водъ, какъ полагалъ Цельсій, а отъ поднятія самого материка. Послѣ этого шведское правительство обратило вниманіе на это явленіе и распорядилось сдѣлать насѣчки на скалахъ. Въ 1834 году Бухъ вмѣстѣ съ извѣстнымъ геологомъ Ляйеллемъ осмотрѣли эти насѣчки и нашли, что вода отошла отъ нихъ, но не вездѣ на одинаковое разстояніе. Изъ этого они вывели заключеніе о постепенномъ поднятіи Швеціи, но такъ какъ поднятіе не повсемѣстное и не равномѣрное, то, по ихъ мнѣнію, не уровень моря понижался, а должно было происходить поднятіе материка мѣстами больше, а мѣстами меньше. Такъ, они нашли около Торнео поднятіе на 4 фута въ 100 лѣтъ, затѣмъ къ югу поднятіе уменьшается и у Кольмара только 1 футъ. Заключенія Буха и Ляйелля вскорѣ были приняты всѣми геологами и учеными. Затѣмъ оказалось, что въ южной Скандинавіи не только не происходитъ поднятія, но материкъ опускается. Такъ, въ г. Мальме нашли мостовую на 8 футъ ниже настоящей мостовой, въ Шканіи торфяные пласты подъ водою на 2—3 фута и въ этихъ пластахъ слѣды человѣческаго жилища, а именно: ножи, топоры, сѣкиры и проч., слѣдовательно, здѣсь берегъ былъ, очевидно, раньше выше надъ водою и затѣмъ уже мало по малу опустился. Исходя изъ такихъ данныхъ, былъ сдѣланъ выводъ, что, начиная отъ Торнео, берегъ Швеціи поднимается, на сѣверной границѣ Шканіи это поднятіе прекращается и южное ея прибрежье уже опускается. Признавая эти поднятія и опусканія весьма медленными, дали имъ названіе вѣковыхъ колебаній суши, въ отличіе отъ быстрыхъ измѣненій, производимыхъ землетрясеніями и вулканами.

Вѣковое поднятіе суши констатировано и для Финляндіи. По насѣчкамъ сдѣланнымъ въ 1837—38 гг. и провѣреннымъ для 10 мѣстъ въ 1869—78 гг. обнаружили поднятіе суши за 100 лѣтъ въ размѣрахъ отъ 11 до 33 д., различное для разныхъ пунктовъ, и наибольшее $36^1/_4$ д. въ Тверемине [52]). Въ то же время ген.-лейт. Бонсдорфъ [53]) изъ футштоковыхъ наблюденій Финляндіи съ 1858 по 1887 г. вывелъ, что поднятіе суши увеличивается по направленію отъ Утэ на сѣверъ и на востокъ и что величина поднятія юго-западнаго берега Финляндіи составляетъ въ среднемъ около 22 д. въ 100 лѣтъ. Въ Кронштадтѣ 46-лѣтнія футштоковыя наблюденія какъ бы указываютъ также на небольшое поднятіе. Но для южной части Балтійскаго моря, какъ выше указано, вѣковыхъ измѣненій не замѣчается.

Вѣковыя колебанія указаны были и для другихъ океанскихъ областей. По Дарвину обширныя пространства южной Америки подвержены медленному поднятію, которому обязаны своимъ существованіемъ пампасы Буэносъ-Айреса и равнины Патагоніи, покрытыя современными морскими раковинами. Берега сѣв. Ледовитаго океана большею частью оказались также въ медленномъ поднятіи, судя по залежамъ морскихъ раковинъ мѣстами на высотѣ отъ 60—200 фут., даже на разстояніи 200 верстъ отъ берега.

Вмѣстѣ съ тѣмъ накоплялись факты, доказывающіе, что, кромѣ вышеуказанныхъ мѣстъ, во многихъ другихъ происходитъ опусканіе суши. Таковы, напримѣръ, области опусканія: Голландія, Бельгія, Франція, С. Испанія, западная часть Балканскаго полуострова, многія мѣстности тропическаго пояса и т. д.

Въ общемъ различныя данныя приводили къ заключенію, что области поднятія большею частью лежатъ въ высокихъ широтахъ, а области опусканія въ тропическомъ поясѣ.

Причину вѣковыхъ колебаній суши геологи видѣли, согласно Ляйеллю, въ тѣхъ медленныхъ процессахъ, которые

совершались и продолжаютъ совершаться на большихъ глубинахъ во внутренности земли. Процессы эти заключаются, по ихъ мнѣнію, въ застываніи, кристаллизаціи и высыханіи разныхъ породъ, при чемъ огромную роль играетъ вода, проникающая въ разныя породы сквозь скважины и трещины; отъ размыванія водою породъ образуются пустоты, отчего происходятъ сдвиги пластовъ и ихъ перемѣщенія, то внезапныя, то медленныя, едва замѣтныя.

Взгляды Буха и Ляйелля о колебаніяхъ суши подверглись въ новѣйшее время весьма обстоятельной критикѣ. Данныя, на которыхъ основаны эти взгляды, относятся въ значительной мѣрѣ къ геологическому прошлому, но, основываясь именно на геологическомъ прошломъ, геологъ Зюссъ указываетъ, что время отъ времени вода заливала значительныя пространства материковъ, т. е. происходила такъ называемая трансгрессія моря. Эти заливанія суши оказываются слишкомъ распространенными, чтобы можно было считать ихъ результатами опусканій суши. По мнѣнію Зюсса, и характерное для новѣйшаго времени скопленіе водъ у экватора и пониженіе ихъ уровня у полюсовъ есть скорѣе результатъ движеній моря, а не колебаній суши. Причина общихъ движеній моря по его мнѣнію можетъ быть временное ускореніе вращенія земли, измѣненіе положенія земной оси, прецессія, а также рядъ другихъ причинъ отчасти общаго характера, отчасти мѣстнаго. Таковыя причины, напримѣръ, измѣненіе континентальныхъ массъ въ зависимости: 1) отъ размыванія и вывѣтриванія суши въ одномъ мѣстѣ и отложенія матеріала въ другомъ, 2) отъ выноса на поверхность вулканическихъ продуктовъ, появленія новыхъ горъ и нарастанія коралловыхъ построекъ и 3) накопленія или таянія глетчеровъ и вообще измѣненія массъ материковаго льда. Съ измѣненіемъ же континентальныхъ массъ и уровень моря долженъ измѣняться, вслѣдствіе уменьшенія или увеличенія притяженія на него этихъ массъ.

Также измѣненія общія или мѣстныя климата, колебанія

въ осадкахъ могли въ свою очередь вліять на колебанія морского уровня.

Однако, указанія Зюсса не достаточны еще для объясненія многихъ явленій въ разсматриваемомъ вопросѣ. Неймайеръ считаетъ, что если бы происходило общее повышеніе уровня моря у экватора, то всѣ коралловыя постройки должны были бы находиться въ одинаковой степени развитія, но во многихъ мѣстахъ встрѣчаемъ иное, поэтому онъ полагаетъ, что въ данномъ случаѣ слѣдуетъ признать скорѣе неравномѣрное осѣданіе дна, чѣмъ повышеніе морского уровня. По его мнѣнію, также и нѣкоторые факты новѣйшаго времени въ высшихъ широтахъ нельзя объяснить колебаніями морского уровня. Напримѣръ, неподлежащее сомнѣнію отступаніе моря у шведскихъ береговъ вовсе не замѣчается у береговъ Пруссіи, тогда какъ это было бы непремѣнно, если бы въ данномъ случаѣ дѣйствительно море отступало, а не материкъ подымался. Колебаній суши въ ограниченныхъ размѣрамъ, впрочемъ, не отрицаютъ и сторонники взглядовъ Зюсса.

Явленія, во всякомъ случаѣ, сложны, и требуютъ не только выясненія причины ихъ, но и собранія еще достаточно надежныхъ данныхъ для новѣйшаго времени. Такъ какъ при современномъ состояніи даннаго вопроса нельзя отрицать вмѣстѣ съ колебаніями морского уровня и колебаній суши, то Зюссъ предложилъ замѣнить термины опусканія и поднятія суши или уровня моря болѣе общими—положительнымъ и отрицательнымъ движеніями береговой линіи; положительное движеніе имѣетъ мѣсто, если море захватываетъ материкъ, или суша опускается, отрицательное же движеніе наоборотъ (см. кар. 3).

Для сужденія о движеніи береговой линіи могутъ служить нѣкоторые признаки, которые мы здѣсь и перечислимъ.

Признаки отрицательнаго движенія береговой линіи: 1) Береговыя террасы. Отъ прибоя волнъ, у крутыхъ скалистыхъ береговъ, какъ извѣстно, мало по малу образуется подводная платформа, такъ называемая волноприбойная по-

лоса. При отрицательномъ движеніи берега эта полоса поднимается и показывается въ видѣ уступа на нѣкоторой высотѣ отъ берега моря. Иногда нѣсколько такихъ уступовъ находятся одинъ надъ другимъ и образуютъ, такимъ образомъ, нѣсколько террасъ. Иногда можно различить террасы по накопившимся раковинамъ на берегу на нѣкоторой высотѣ, или засѣвшимъ въ отверстіи скалъ камнеточцамъ. На песчаной почвѣ террасы обыкновенно не образуются, и здѣсь объ отступаніи моря можно судить по присутствію плавучаго лѣса на нѣкоторой высотѣ отъ уровня, по накопленію камней прежняго берегового вала, или же по морскимъ окаменѣлостямъ. При устьяхъ рѣкъ возрастаніе дельтъ, а также углубленія русла въ нижнемъ теченіи рѣкъ и образованіе рѣчныхъ террасъ указываютъ также на отступаніе моря. 2) Выступаніе коралловыхъ рифовъ и банокъ выше уровня наивысшаго прилива. 3) На плоскихъ берегахъ ряды дюнъ съ устричными и раковинными накопленіями далеко отъ моря. 4) Обильное содержаніе поваренной и другихъ морскихъ солей въ почвѣ побережья, соленыя озера по берегу, развитіе лимановъ, измѣненія лагунъ, удаляющихся внутрь страны. 5) Увеличеніе намывныхъ острововъ, прибрежныхъ отмелей или расширеніе намывного берега, ограниченнаго крутымъ скалистымъ берегомъ, который, повидимому, прежде размывался прибоемъ волнъ, но затѣмъ уже удалился отъ уровня настолько, что его не достигаютъ волны. Вообще ровный берегъ свидѣтельствуетъ о пониженіи уровня.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, однако, видимое отступаніе моря можетъ быть слѣдствіемъ наносовъ песка и ила совокупною дѣятельностію рѣкъ и моря, какъ это, напр., имѣетъ мѣсто на Венеціанскихъ берегахъ Адріатическаго моря и во многихъ мѣстахъ Тосканскаго прибрежья.

Признаки положительнаго движенія береговой линіи. 1) Иззубренные берега безъ скалистыхъ островковъ и мелей, съ длинною волноприбойною полосою. 2) Отсутствіе дельтъ

въ устьяхъ рѣкъ или такъ называемыя отрицательныя дельты, или же уменьшеніе дельтъ. 3) Нахожденіе материковыхъ лѣсовъ подъ уровнемъ моря, нахожденіе подъ водою торфяниковъ, которые, какъ извѣстно, всегда образуются на сушѣ.

Совокупность вышеуказанныхъ признаковъ можетъ дать довольно вѣрныя указанія о движеніи въ данной мѣстности береговой линіи въ томъ или другомъ смыслѣ, но эти указанія въ большинствѣ случаевъ имѣютъ лишь геологическій интересъ, не рѣшая вопроса о томъ, произошли ли такія движенія въ ближайшую геологическую эпоху или въ современную, доисторическую или историческую. Объ измѣненіяхъ береговой линіи въ новѣйшее время хорошія указанія даютъ нахожденіе человѣческихъ орудій, остатки построекъ подъ водою, остатки на материкѣ въ нѣкоторомъ разстояніи отъ берега разбитыхъ судовъ, старыхъ доковъ, прежнихъ гаваней, якоря и тому подобные предметы, которые, какъ можно полагать, были прежде подъ водою или у берега моря. Важное значеніе имѣютъ историческія свидѣтельства, но самыя вѣрныя доказательства даютъ сравненія постоянныхъ знаковъ въ родѣ насѣчекъ на скалахъ и сравненіе съемокъ и промѣровъ, если извѣстна степень ихъ точности. Во всѣхъ, однако, случаяхъ требуется осторожность въ заключеніяхъ, такъ какъ измѣненія могли произойти внезапныя, вслѣдствіе береговыхъ обваловъ, землетрясеній или при вулканическихъ изверженіяхъ. Также, въ періоды многихъ десятковъ лѣтъ могутъ быть бури исключительной силы, которыми временно поднимается уровень на исключительно большую высоту; при такихъ условіяхъ могутъ отложиться и морскія раковины на нѣкоторомъ разстояніи отъ берега.

Изъ имѣющихся данныхъ въ настоящее время по вопросу о движеніи береговой линіи большинство сводится къ доказательствамъ измѣненія ея лишь въ ледниковую и послѣледниковую эпохи, но насколько эти измѣненія захватываютъ историческое время и продолжаются ли они и теперь, мы за исключеніемъ Швеціи и Финляндіи доказательствъ не имѣемъ.

Немногіе историческіе факты изъ области Средиземнаго моря могутъ быть причислены къ мѣстнымъ явленіямъ, и частью даже объяснены вулканическимъ характеромъ этой мѣстности. Основывалсь на нахожденіи морскихъ раковинъ, обмелѣніи прибрежій и показаніяхъ старожиловъ, полагали, что и теперь море отступаетъ или суша подымается на всемъ сѣверномъ берегу Европы. Но для Мурманскаго побережья и Бѣлаго моря Фаусекъ [54]) не нашелъ ни одного факта, который бы указывалъ на отрицательное движеніе береговой линіи; всѣ данныя свидѣтельствуютъ лишь объ измѣненіяхъ въ ледниковый и послѣледниковый періоды.

Такимъ образомъ, колебанія уровня изъ года въ годъ можемъ себѣ представить, какъ мелкіе зигзаги кривой средняго уровня, который не остается постояннымъ, отчасти вслѣдствіе отступанія и наступанія моря, отчасти вслѣдствіе поднятій и опусканія суши, при чемъ измѣненія уровня восходятъ до ледниковой эпохи, но можетъ быть ограничиваются мѣстами и меньшими промежутками, которые въ свою очередь также могутъ включать въ себѣ второстепенные Брюкнеровскіе періоды. Однако, доказательствъ малыхъ періодовъ мы не имѣемъ; Брюкнеровскій 35-лѣтній періодъ слишкомъ мало обоснованъ данными наблюденій и не имѣетъ теоретическаго освѣщенія.

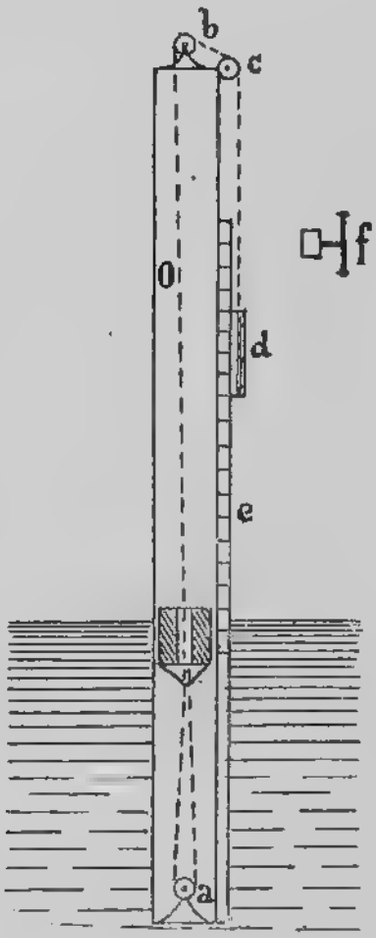
Какъ ни подвиженъ, однако, средній уровень, все же въ многолѣтнихъ его выводахъ мы получаемъ пока единственную точную базу для сопоставленія материковыхъ высотъ.

Приборы и наблюденія надъ уровнемъ моря.

Простѣйшій изъ приборовъ для наблюденій уровня представляетъ рейка съ дѣленіями (футштокъ), прикрѣпленная къ сваѣ, вколоченной въ грунтъ дна до отказа и въ мѣстѣ закрытомъ отъ волнъ. Лучше всего пользоваться металлическою рей-

кою съ четырехугольными гнѣздами, со скошенными краями (чер. 170); въ гнѣзда вставляются фарфоровыя дощечки размѣромъ, соотвѣтствующимъ углубленіямъ въ гнѣздахъ, такъ что поверхность ихъ приходится вровень съ поверхностью

Чер. 170. Образцовый футштокъ.



Чер. 171. Футштокъ для открытыхъ береговъ.

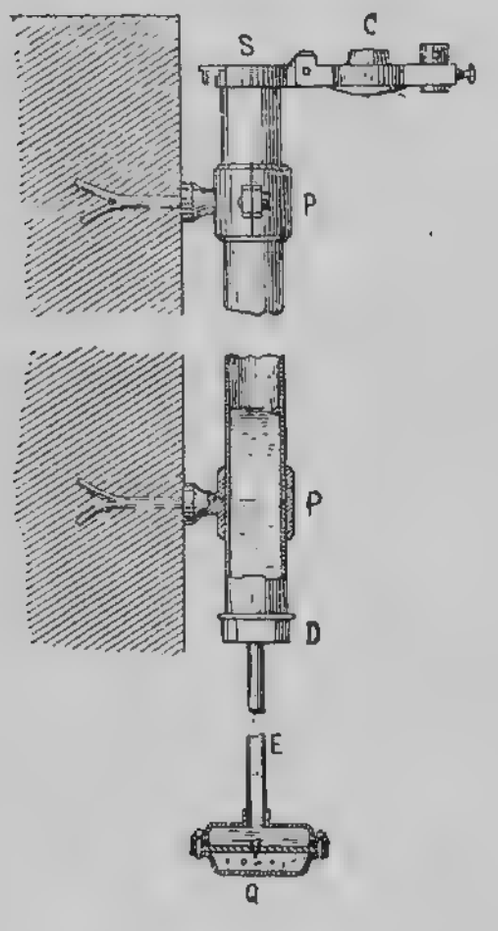
рейки и дощечки замѣняютъ собою дѣленія шкалы футштока. Такое устройство шкалы футштока имѣетъ то преимущество, что въ случаѣ порчи какой-либо фарфоровой дощечки или нѣсколькихъ дощечекъ, нѣтъ надобности сдвигать футштокъ съ

мѣста, а слѣдуетъ лишь вставить новыя дощечки. Такая рейка прикрѣпляется къ чугунной доскѣ, а послѣдняя къ сваѣ посредствомъ желѣзнаго колпачка и бандажей.

Если нѣтъ мѣстъ закрытыхъ отъ волненія, то тогда приходится прибѣгать къ болѣе сложному и болѣе дорогому устройству футштока. Въ этихъ случаяхъ прикрѣпляютъ къ сваѣ металлическую трубу такой длины (чер. 171), чтобы нижній конецъ трубы приходился ниже самаго низкаго уровня воды по крайней мѣрѣ на величину максимальной высоты волнъ, наблюдаемыхъ въ данномъ мѣстѣ. Нижній конецъ трубы оканчивается днемъ съ маленькими отверстіями для свободнаго прохода воды въ трубу. Вслѣдствіе такого устройства вода въ трубкѣ даже при большомъ волненіи остается довольно спокойною, тогда какъ уровень ея всегда одинаковъ съ среднимъ уровнемъ моря. Въ трубу погружается поплавокъ, состоящій изъ металлической пустотѣлой кольцеобразной тумбочки; для передачи движеній поплавка къ нижнему его краю прикрѣпляется цѣпочка, которая проводится черезъ роульсъ a, центральное отверстіе поплавка, и роульсы b и c, послѣ чего къ ней прикрѣпляется грузикъ d, служащій указателемъ. Вѣсъ грузика разсчитывается такъ, чтобы онъ могъ удерживать цѣпочку въ натянутомъ положеніи. Указатель d, слѣдуя всѣмъ движеніямъ поплавка, движется вдоль шкалы e, и даетъ возможность даже издали произвести надлежащій отсчетъ, соотвѣтствующій данному уровню моря. Шкала e дѣлается или на самой трубѣ или же она состоитъ изъ прикрѣпляемой къ послѣдней отдѣльной металлической рейки, устроенной по образцу чер. 170. Наконецъ, для предохраненія грузика d отъ вліянія вѣтра, помѣщаютъ его въ особую трубку, прикрѣпляемую къ трубѣ футштока съ продольнымъ разрѣзомъ, и въ этомъ случаѣ шкала дѣлается на этой трубкѣ, а грузикъ d снабжается указателемъ f.

По пригонкѣ футштока на мѣсто и провѣркѣ его вертикальнаго положенія посредствомъ отвѣса, его окончательно укрѣпляютъ и затѣмъ нивеллировкою опредѣляютъ положеніе

нуля футштока относительно какой-либо постоянной марки, избранной тутъ же вблизи на берегу. Такую марку лучше всего выбирать на фундаментѣ каменнаго общественнаго зданія



Чер. 172. Медимареметръ Ляллеманда.

Чер. 173. Стержень къ медимареметру.

(напр., маяка) или, если такового не оказывается вблизи, то на спеціально для этого поставленномъ каменномъ столбѣ.

На открытыхъ берегахъ морей съ приливами и отливами для опредѣленія лишь средняго уровня можно устанавливать водомѣрный приборъ Ляллеманда, названный имъ медимаремет-

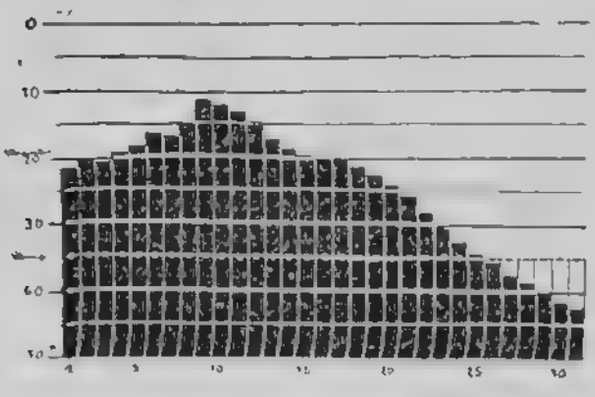
ромъ (чер. 172). Приборъ основанъ на томъ принципѣ, что въ каналѣ, сообщающемся съ моремъ весьма узкою трубкою съ пористой перегородкою, колебанія уровня воды, производимыя приливами и отливами, значительно уменьшаются. Аппаратъ состоитъ изъ прочной металлической трубы S (25—30 мм. въ діаметрѣ), прикрѣпляемой въ вертикальномъ положеніи, посредствомъ обхватовъ P, къ стѣнкѣ пристани, набережной или въ большомъ колодцѣ, сообщающемся съ моремъ. Въ трубѣ S находится у дна ея діафрагма D, отъ которой идетъ болѣе узкая трубка (около 10 мм. въ діаметрѣ) B къ сосуду Q. Сосудъ раздѣленъ на двѣ части посредствомъ пористыхъ перегородокъ V. Нижнее отдѣленіе сосуда наполняется пескомъ и въ стѣнкахъ его дѣлается множество мелкихъ отверстій для прохода воды. Степень проницаемости для воды пористыхъ перегородокъ V разсчитывается такъ, чтобы поднятія и опусканія уровня моря отъ приливовъ и отливовъ производили въ трубкѣ S лишь незначительныя колебанія уровня. Дабы дождевая вода или какія-нибудь постороннія вещества не попадали въ трубку S, послѣдняя закрывается крышкою C, которая открывается только въ моментъ наблюденій. На чертежѣ показана трубка S открытою. Приборъ устанавливается въ данномъ мѣстѣ такъ, чтобы сосудъ Q находился ниже самаго низкаго уровня воды въ морѣ. Для наблюденій служитъ особый стержень (чер. 173) съ дѣленіями. Когда желаютъ сдѣлать наблюденіе, къ стержню прикладываютъ съ боку рядомъ съ дѣленіями бумажную ленточку, пропитанную составомъ изъ желѣзнаго купороса и галловой кислоты; для удержанія бумажки на стержнѣ въ надлежащемъ мѣстѣ служатъ подвижныя кольца B и B' съ пружинками l и l'. Погружаютъ затѣмъ стержень въ трубку S до тѣхъ поръ, пока онъ не упрется въ діафрагму D, и спустя 1—2 сек. его вынимаютъ. Та часть бумажки, которая была смочена водою въ трубкѣ S, окажется почернѣвшей, и дѣленіе стержня, соотвѣтствующее чертѣ, отдѣляющей почернѣвшую часть бумажки отъ другой, покажетъ высоту воды въ трубкѣ S. Вмѣстѣ съ

записью этого дѣленія въ книжечку и въ журналъ наблюденій, бумажку сохраняютъ, приклеивая её слегка бѣлымъ концомъ въ книжечкѣ наблюденій за соотвѣтственный день.

Предварительно еще до погруженія стержня въ трубку S, на бумажкѣ отмѣчаютъ точку, соотвѣтствующую какому-нибудь опредѣленному дѣленію шкалы стержня: для такой отмѣтки имѣется на стержнѣ шпилька c, находящаяся всегда противъ одного опредѣленнаго дѣленія шкалы стержня, принимаемаго за реперъ, относительно котораго уровень можетъ стоять то выше, то ниже. Опредѣливъ нивеллировкою положеніе верхняго края трубки S относительно марки на берегу, будемъ знать и высоту репера относительно этой марки.

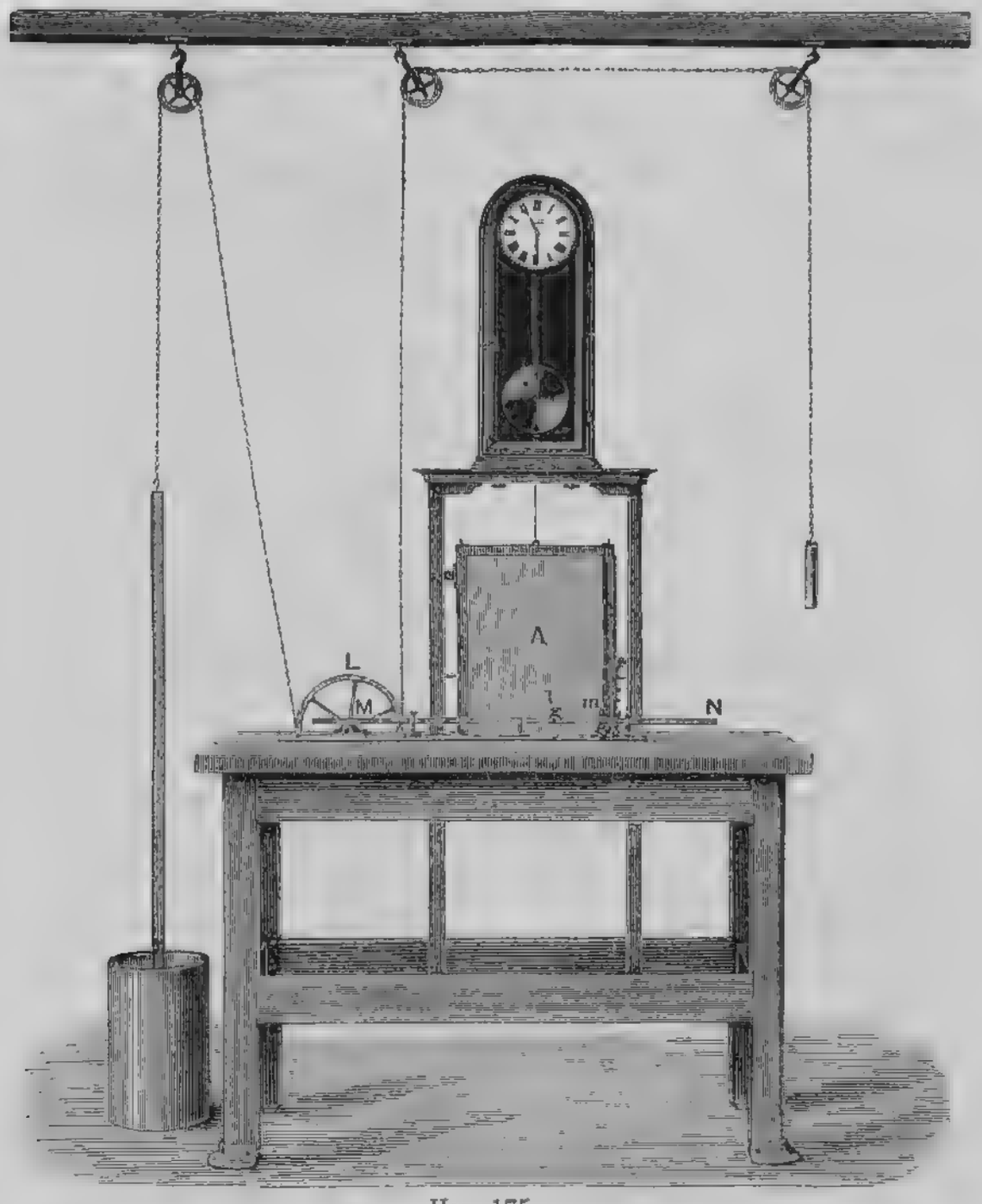
Наблюденія обыкновенно слѣдуетъ начинать по медимареметру спустя 1—2 дня послѣ его установки на мѣсто, для того, чтобы вода въ трубкѣ успѣла установиться около средняго уровня.

Ежедневныя бумажки медимареметра даютъ возможность наглядно судить о колебаніяхъ средняго суточнаго уровня въ теченіи мѣсяца, года и т. п. Взявъ бумажки для каждаго дня, напр., за мѣсяцъ, раскладываютъ ихъ рядомъ, по порядку чиселъ даннаго мѣсяца на особомъ, разграфленномъ по извѣстному масштабу, листѣ бумаги, наблюдая при этомъ, чтобы отмѣтки репера приходились на одной горизонтальной линіи (чер. 174); тогда линія, окаймляющая черныя полосы бумажекъ, представитъ кривую колебаній средняго суточнаго уровня въ теченіи даннаго мѣсяца, а вычисливъ площадь между этого кривою и осью абсциссъ и раздѣливъ ея на длину абсциссы опредѣлимъ и средній уровень за мѣсяцъ.



Чер. 174.

На важнѣйшихъ пунктахъ прибрежій устанавливаютъ самопишущіе футштоки (марсографы, лимнографы), которые бы-



Чер. 175.

ваютъ двоякаго рода: 1) записывающій механизмъ помѣщается прямо надъ бассейномъ и передача въ перемѣнахъ уровня совершается механически помощью зубчатокъ, рычаговъ, и т. п.

и 2) этотъ механизмъ находится въ какомъ угодно разстояніи отъ бассейна и въ этомъ случаѣ передача совершается при помощи электричества.

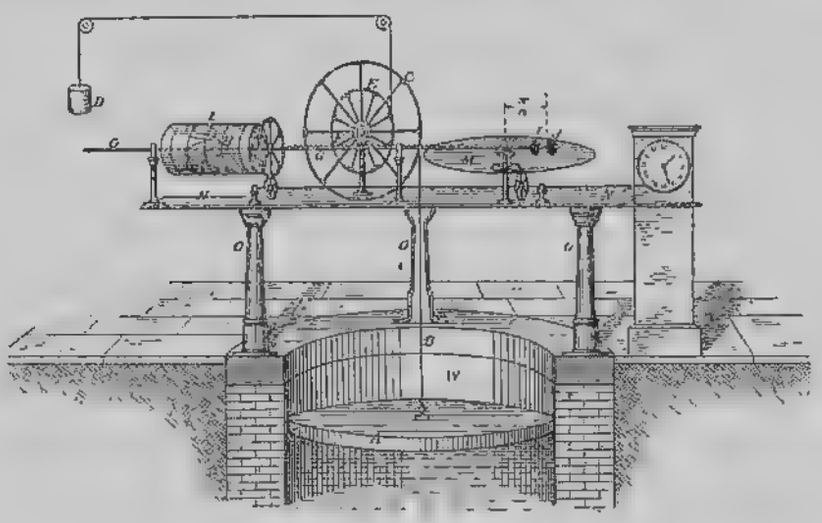
Приборы какъ перваго такъ и второго рода бываютъ самого разнообразнаго устройства и здѣсь мы опишемъ только ради примѣра нѣкоторые изъ нихъ [55]).

На чер. 175 представленъ приборъ перваго рода, шведской конструкціи, установленный во многихъ пунктахъ Швеціи и въ Кронштадтѣ. Въ этомъ приборѣ бумага для вычерчиванія кривой надѣвается на доску *A*, которая служитъ гирею для часовъ, къ горизонтальной же зубчатой линейкѣ *MN* прикрѣпленъ карандашъ *E* для вычерчиванія кривой уровня. Колебанія уровня передаются посредствомъ поплавка со стержнемъ и цѣпочкою колесу *L*, на оси котораго имѣется шестерня, приводящая въ движеніе зубчатую линейку *MN*. Цѣпочка, выйдя изъ подъ колеса *L*, проводится черезъ роульсы, прикрѣпляемые надъ приборомъ, и оканчивается противовѣсомъ, который уравновѣшиваетъ поплавокъ и держитъ цѣпочку всегда въ натянутомъ положеніи. Отношеніе окружностей колеса *L* и шестерни расчитано такъ, что ординары кривой составляютъ $^1/_{10}$ соотвѣственныхъ колебаній поплавка. Ординаты измѣряются отъ прямой линіи, вычерчиваемой на правомъ краю бумаги особымъ карандашемъ *m*, слегка прижатымъ къ бумагѣ; этотъ же карандашъ, благодаря зазубринамъ на краю доски, отходитъ черезъ каждый часъ отъ бумаги и тѣмъ дѣлаетъ отмѣтки часовъ.

Поплавокъ движется въ трубѣ колодца, сообщающагося посредствомъ другой узкой трубы съ моремъ. Рейка, идущая отъ поплавка, имѣетъ дѣленія и служитъ для непосредственныхъ отсчетовъ высоты уровня, съ какою цѣлью на верхней грани трубы колодца устроенъ указатель.

Мареографъ Рейца даетъ какъ записи колебанія уровня, такъ и величину средняго уровня для даннаго промежутка времени (чер. 176). Въ особо устроенномъ колодцѣ *W*, соеди-

няющемся трубою съ моремъ, находится поплавокъ *A*, отъ центра котораго идетъ мѣдная проволока *B*, обхватывающая колесо *C*. На оси послѣдняго укрѣплена шайба *E*, которую облегаетъ проволока, оканчивающаяся противовѣсомъ *D*. При пониженіи уровня воды колесо *C*, слѣдуя движенію поплавка, вращается вправо, при повышеніи же уровня противовѣсъ *D* заставляетъ колесо *C* поворачиваться влѣво. Маленькое зубчатое колесо *F*, укрѣпленное также на оси колеса *C*, передаетъ движеніе послѣняго горизонтальной зубчатой штангѣ *G*, которая, двигаясь только по горизонтальной линіи на катящихся



Чер. 176. Мареографъ Рейца.

роликахъ, имѣетъ на одномъ концѣ алмазное остріе *H*, а на другомъ — два вертикальныхъ ролика *J*. Передъ *H* находится барабанъ *L*, покрываемый зачерненною мѣловою бумагою, на которой *H* и чертитъ колебанія уровня; барабанъ помощью часовъ приводится во вращеніе, совершая полный оборотъ въ 24 часа. Бумага раздѣлена двумя системами линій — однѣ линіи параллельны оси цилиндра, а другія перпендикулярны; первыя служатъ для обозначенія времени, а послѣднія — для опредѣленія величины измѣненій уровня.

Ролики *J* касаются краями стеклянной шайбы *M*, которая помощью часовъ вращается вокругъ вертикальной оси, совер-

шая полный оборотъ въ 6 ч. Вслѣдствіе вращенія шайбы M ролики J приходятъ въ вращательное движеніе, а отъ движенія штанги G ролики J только скользятъ. Изъ вращенія роликовъ легко опредѣлить средній уровень за данный промежутокъ времени. Съ этою цѣлью окружность роликовъ раздѣлена на 100 частей и каждый роликъ снабженъ еще числительнымъ аппаратомъ, дающимъ возможность отмѣчать сотни оборотовъ. За нуль шкалы для высоты уровня принимаютъ ту высоту, которая соотвѣтствуетъ положенію ролика J въ центрѣ шайбы M.

Вертикальное движеніе поплавка A вызываетъ горизонтальное движеніе штанги G, а слѣдовательно и роликовъ J въ масштабѣ уменьшенномъ въ отношеніи діаметровъ колесъ C и F. Пусть уменьшеніе будетъ $\frac{1}{n}$, и пусть въ промежутокъ времени, для котораго ищется средній уровень m, шайба M описываетъ дугу φ, и соотвѣтствующіе отсчеты по ролику до начала вращенія его и послѣ, будутъ a_1 и a_2, окружность роликовъ равна p, тогда вѣличина $p\ (a_2 - a_1)$ представитъ величину движенія ролика (эта величина соотвѣтствуетъ площади при ординатѣ $\frac{x}{n}$ и абсциссѣ φ). Средній уровень m получится изъ выраженія

$$m = n \frac{p\,(a_2 - a_1)}{\varphi}.$$

Если z число секундъ, а b — дуга, которую описываетъ шайба въ одну секунду, то $\varphi = zb$, слѣдовательно,

$$m = \frac{np}{b} \cdot \frac{a_2 - a_1}{z} = c\,\frac{a_2 - a_1}{z}.$$

Здѣсь $\frac{np}{b} = c$ величина постоянная, которую и необходимо знать для даннаго прибора, для полученія m. Эта постоянная можетъ быть весьма точно найдена, если опредѣлить m_1 и m_2 при z_1 и z_2 для двухъ положеній поплавка A, разня-

щихся между собою по высотѣ на опредѣленную заданную величину l; мы имѣемъ

$$m_1 = c\,\frac{a_2 - a_1}{z_1},\quad m_2 = c\,\frac{a_4 - a_3}{z_2}$$

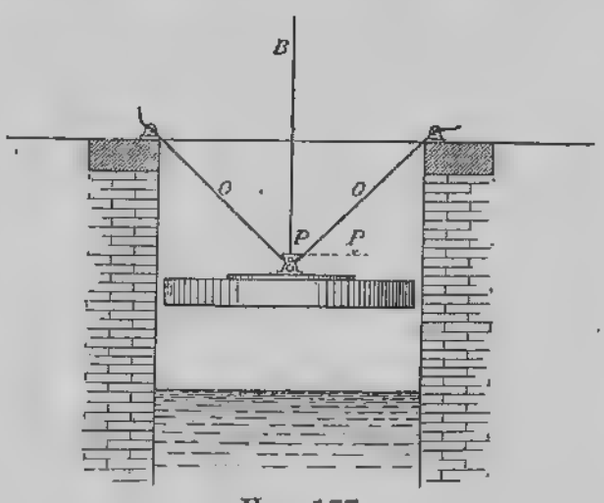
$$m_2 - m_1 = l = c\left[\frac{a_4 - a_3}{z_2} - \frac{a_2 - a_1}{z_1}\right]$$

откуда

$$c = \frac{l}{\dfrac{a_4 - a_3}{z_2} - \dfrac{a_2 - a_1}{z_1}}.$$

Постоянное c опредѣляютъ для каждаго изъ роликовъ J отдѣльно и величину m вычисляютъ по обоимъ роликамъ. Для правильности дѣйствія прибора необходимо, чтобы оси роликовъ во все время движенія шайбы M были параллельны и чтобы при неподвижности шайбы движеніе штанги G не вызывало вращенія роликовъ.

Чтобы даваемые аппаратомъ средніе уровни отнести къ постоянной маркѣ, опредѣляютъ тщательно высоту точки P на поплавкѣ надъ уровнемъ воды (что можно сдѣлать въ сосудѣ наполненномъ морскою водою, но надо принять во вниманіе измѣненія подъ вліяніемъ противовѣса D) и, удерживая затѣмъ поплавокъ въ колодцѣ на нѣкоторой высотѣ P надъ водою опредѣляютъ высоту марки надъ точкою P и величину m при этомъ положеніи поплавка (чер. 177).



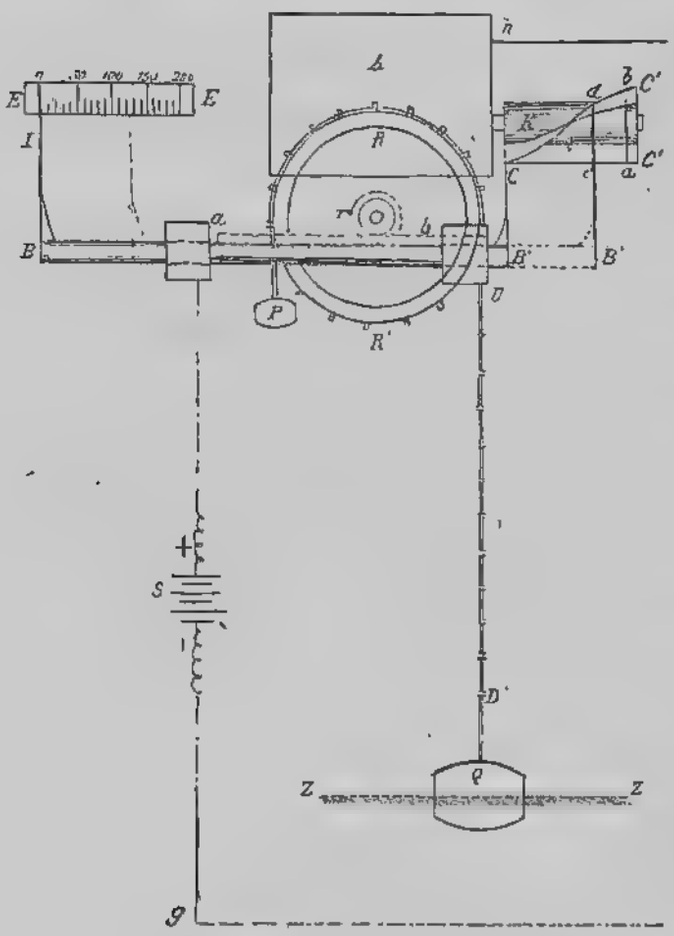
Чер. 177.

Имѣя такія данныя легко уже связать средній уровень съ постоянною маркою.

Подобнымъ же путемъ опредѣляется соотвѣтствующая высота уровня и для всякого положенія штифта на цилиндрѣ L.

Мареографъ Рейца принадлежитъ къ числу наиболѣе точныхъ приборовъ съ механическою передачею.

Электрическій мареографъ Резіо состоитъ изъ двухъ главныхъ частей: пріемной части съ передаточнымъ приспособленіемъ и пишущей части. Пріемный аппаратъ представляетъ поплавокъ Q (чер. 178) съ цѣпочкою DD', обхватывающей колесо RR' и снабженной на другомъ концѣ противовѣсомъ P; цѣпочка состоитъ изъ звеньевъ, которыя укладываются на коническіе зубцы, укрѣпленныя по окружности колеса въ равномъ другъ отъ друга разстояніи. Діаметръ D колеса RR' расчитывается по наибольшей разности уровней H и предполагаемому числу его оборотовъ n изъ слѣдующаго выраженія

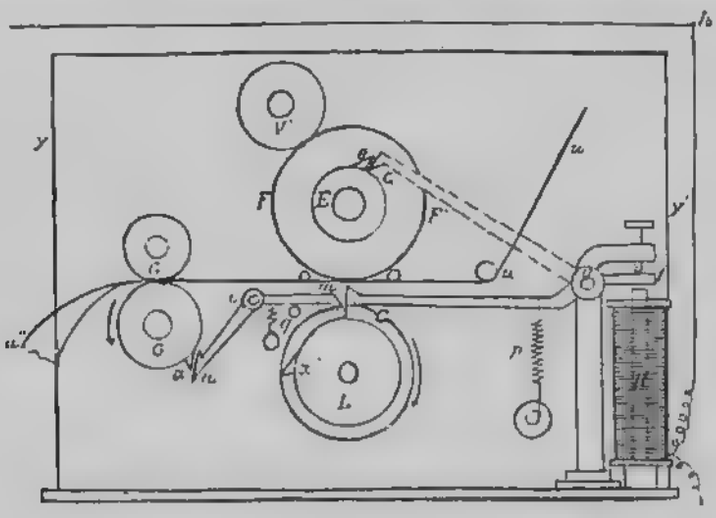


Чер. 178. Электрическій мареографъ.

$$n\pi D = H, \text{ откуда } D = \frac{H}{n\pi}.$$

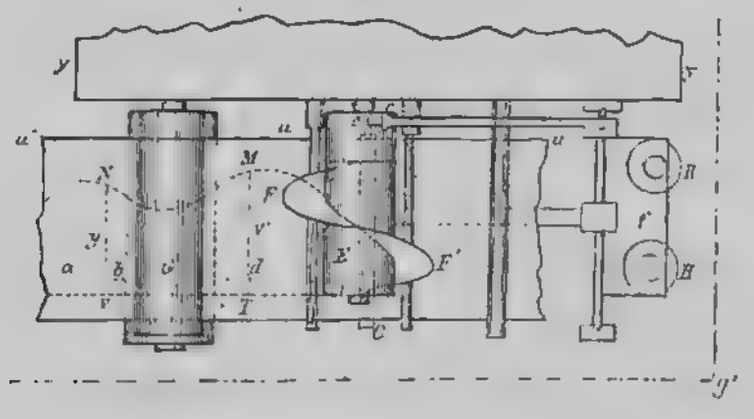
На оси колеса укрѣплена зубчатка r, діаметромъ d, входящая зубцами въ соотвѣтственныя углубленія $a - b$ штанги BB', которая можетъ двигаться только въ направленіи своей

длины. На лѣвомъ концѣ штанги находится указатель BJ, который при движеніи штанги, ходитъ передъ шкалою EE', а на правомъ концѣ — указатель $B'C$ изъ гибкой металлической



Чер. 179.

полоски съ платиновымъ остріемъ. Максимальное передвиженіе h штанги BB' и вмѣстѣ съ нею указателей BJ и $B'C$ опредѣляется изъ выраженія $h = H\frac{d}{D}$, такъ какъ $h = n\pi d$ и $H = n\pi D$. Обыкновенно исходятъ изъ произвольно избраннаго



Чер. 180.

отношенія $\frac{h}{H}$ и опредѣляютъ затѣмъ отношеніе $\frac{d}{D}$. Напр., пусть $H = 2$ м. и $\frac{h}{H} = \frac{1}{10}$, то $h = 0{,}2$ м. и слѣдовательно, длина шкалы EE' должна быть равна 20 см.

Передаточный механизмъ состоитъ часового механизма A, съ недѣльнымъ или 10-дневнымъ заводомъ, и цилиндра K, дѣлающаго одинъ оборотъ между двумя послѣдовательными записями, промежутокъ между которыми положимъ 5 м. На цилиндрѣ K имѣется мѣдная улиткообразная спираль CC'', дѣлающая полъ оборота вокругъ цилиндра, а отъ точки C, начала спирали, идетъ укрѣпленная на цилиндрѣ параллельно его оси прямоугольная мѣдная пластинка CC', шириною равною высотѣ CC'' и длиною $= h$; края CC'' и CC' сдѣланы изъ платины или серебра. При наинисшемъ уровнѣ указатель $B'C$ касается точки C общей для спирали CC'' и пластинки CC'. Ось цилиндра K параллельна штангѣ BB' и остріе указателя $B'C$ при каждомъ оборотѣ цилиндра должно касаться прежде пластинки CC', а затѣмъ спирали CC'', отчего и происходитъ каждый разъ замыканіе гальваническаго тока.

Въ теченіе низшаго уровня правый указатель касается точки C все время между двумя послѣдующими записями, т. е. 5 минутъ; при высотѣ уровня x, соотвѣтствующей, напримѣръ, положенію указателя въ $B''e$, онъ касается при каждомъ оборотѣ цилиндра прежде пластинки въ e, а затѣмъ спирали въ d. Высота x поэтому пропорціональна промежутку времени t между контактами e и d. Такъ какъ при наивысшемъ уровнѣ H указатель находится въ C', то имѣемъ:

$$CC' : Ce = H : x \qquad (1)$$

но CC' и Ce пропорціональны дугамъ, которыя должны описывать точки C'' и d, то

$$CC' : Ce = arcC''C' : arcde \qquad (2)$$

Когда остріе указателя находится въ C', то промежутокъ времени между контантами ровенъ $2^1/_2$ мин., а такъ какъ дуги de и $C''C'$ пропорціональны промежуткамъ времени между контактами, то

$$arcde : arcC''C' = t : 2{,}5 \qquad (3)$$

Изъ (1) имѣемъ:

$$x = H\frac{Ce}{CC'}$$

а изъ (2) и (3):

$$\frac{Ce}{CC'} = \frac{t}{2{,}5}$$

слѣдовательно:

$$x = H \cdot \frac{t}{2{,}5}$$

гдѣ t выражается въ минутахъ.

Пишущая часть прибора состоитъ изъ часового механизма (чер. 179), сообщающаго равномѣрное движеніе 1) цилиндру E, вращающемуся около оси съ нѣкоторымъ треніемъ, слѣва на право, и дѣлающемуся полный оборотъ въ половину времени, которое требуется для оборота цилиндра K, т. е. въ $2^1/_2$ мин. 2) шайбѣ L, время оборота которой можетъ быть произвольное, напр., 1 часъ и 3) цилиндру G, совершающему оборотъ въ 6 часовъ.

На цилиндрѣ E укрѣплена улиткообразная спираль FF', съ полнымъ оборотомъ вокругъ цилиндра; V' — роликъ, обтянутый сукномъ, пропитаннымъ телеграфными чернилами, почему при вращеніи цилиндра E край спирали FF' смачивается чернилами. На заднемъ концѣ цилиндра E находится зубецъ e, которымъ цилиндръ вмѣстѣ съ спиралью FF' арретируется, когда зубецъ встрѣчаетъ конецъ c рычага cof, тогда какъ ось цилиндра продолжаетъ свое вращеніе. Положеніе зубца e опредѣляется такъ, чтобы въ моментъ упора его въ рычагъ начальный пунктъ спирали находился на вертикали, проходящей внизу черезъ ось цилиндра, слѣдовательно, въ самой нижней точкѣ спирали (чер. 180). Правое плечо рычага cof представляетъ якорь электромагнита и имѣетъ форму прямоугольной пластинки f; на рычагѣ имѣется еще третье плечо oC, оканчивающееся маленькою трехгранною призмою, верхнее ребро которой параллельно оси цилиндра E. Поверхъ этого ребра передвигается, справа на лѣво, помощью цилиндровъ G и G', бумажная лента

$uu'u''$. Ходъ спирали FF' долженъ быть равенъ ординатѣ, соотвѣтствующей наибольшему уровню. Принимая, что 1 мм. ординаты діаграммы представляетъ 50 мм. разности уровней и что наибольшая высота уровня 2 м., то длина наибольшей ординаты равна 40 мм. Зубчатый выступъ α' на шайбѣ L, раздѣленной по окружности на 60 равныхъ частей, соотвѣтствующихъ минутамъ, служитъ какъ для сравненія часового механизма съ вѣрно идущими часами, такъ и для прокалыванія бумажной ленты при помощи пружинчатаго спинка, находящагося на концѣ C. Плечо oC послѣ проколки ленты оттягивается опять внизъ пружинкою q. Такимъ путемъ происходитъ отмѣтка часовъ на бумажной лентѣ. Лѣвое плечо рычага im, черезъ каждые 6 часовъ, соотвѣтствующихъ полному обороту цилиндра G, встрѣчаетъ на послѣднемъ зубчатый выступъ α и, нажимаясь имъ, поднимаетъ плечо im, и лента опять прокалывается. Мѣста зубцовъ α и α' такъ расположены, что проколъ отъ α' происходитъ черезъ 10 минутъ послѣ прокола отъ α.

При аппаратѣ имѣется баттарея Лекланше съ необходимымъ числомъ элементовъ, и въ цѣпь ея вводится штанга BB', цилиндръ K и электромагнитъ H, посредствомъ проводника $h'hH$ (чер. 178 и 179), тогда какъ обратный токъ gg' идетъ по включеннымъ въ землю проводникамъ Sg и Hg' (чер. 178 и 180).

Дѣйствіе прибора происходитъ слѣдующимъ образомъ. При самомъ низкомъ стояніи уровня указатель $B'C$, при каждомъ оборотѣ цилиндра K, т. е. черезъ каждые 5 минутъ, касается пластинки CC' и спирали CC'' въ общей точкѣ C, отчего происходитъ каждые 5 минутъ замыканіе тока и якорь f электромагнита, притягиваясь къ послѣднему, сообщаетъ рычагу foc колебаніе, его плечо oc подымается и позволяетъ цилиндру E вращаться, а въ тоже время плечо oC приводитъ бумажную ленту въ соприкосновеніе съ ребромъ спирали FF', и на лентѣ дѣлается отмѣтка. Такія отмѣтки дѣлаются все время, пока длится низшій уровень, такъ что получается тогда

на лентѣ прямая линія VT параллельно краю бумаги (чер. 180). Положимъ, что указатель $B'C$ находится затѣмъ въ мѣстѣ $B''e$. Въ этомъ случаѣ контакты его съ CC' и CC'' наступаютъ не въ одинъ и тотъ же моментъ; прежде происходитъ контактъ въ e, и соотвѣтствующая отмѣтка на бумагѣ, подобно тому, какъ выше указано, въ T, послѣ чего E освобождается и продолжаетъ вращаться все время t нужное для описанія дуги de и въ это время спираль FF' опишетъ часть $\frac{t}{2,5}$, такъ какъ ея оборотъ $= 2,5$ мин. Когда опять произойдетъ контактъ въ d, аппаратъ дастъ отмѣтку въ M, отстоящую отъ марки T на величину соотвѣтствующую $\frac{t}{2,5}$, такъ что, если p длина хода спирали и y' ордината TM, то получается уравненіе

$$y' = \frac{t}{2,5} p.$$

Такимъ образомъ, при перемѣнахъ уровня получаютъ на бумажной лентѣ рядъ отмѣтокъ 1) по прямой линіи, происходящихъ отъ контаткта указателя съ пластинкою CC' и 2) отмѣтокъ уровня, соотвѣтствующихъ контактамъ указателя со спиралью $C'C''$.

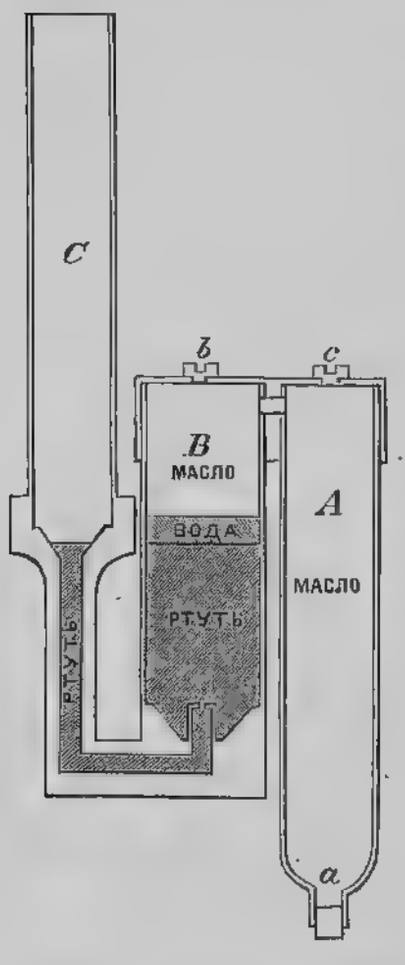
Если x нѣкоторая высота уровня, H—максимальная его высота, то имѣемъ $x = H\frac{t}{2,5}$ или $x = \frac{H}{p} y'$. Величину p можно подобрать подходящую для даннаго прибора; напр., пусть $H = 2$ м. и $\frac{H}{p} = 50$, тогда $p = 0,040$ м. и въ этомъ случаѣ $x = 50\,y'$.

Указатель BJ служитъ для непосредственнаго отсчета уровня по шкалѣ EE'.

Всѣ вышеописанные приборы требуютъ устройства особаго колодца и потому установка ихъ требуетъ большихъ расходовъ, да и самые приборы обходятся дорого, что служитъ не малымъ препятствіемъ для широкаго распространенія ихъ по берегамъ морей. Поэтому заслуживаетъ вниманія сравнительно дешевый приборъ Петреліуса, который можетъ быть устанавливаемъ въ

любомъ мѣстѣ у пристани или набережной, не требуя для установки дорого стоющихъ приспособленій.

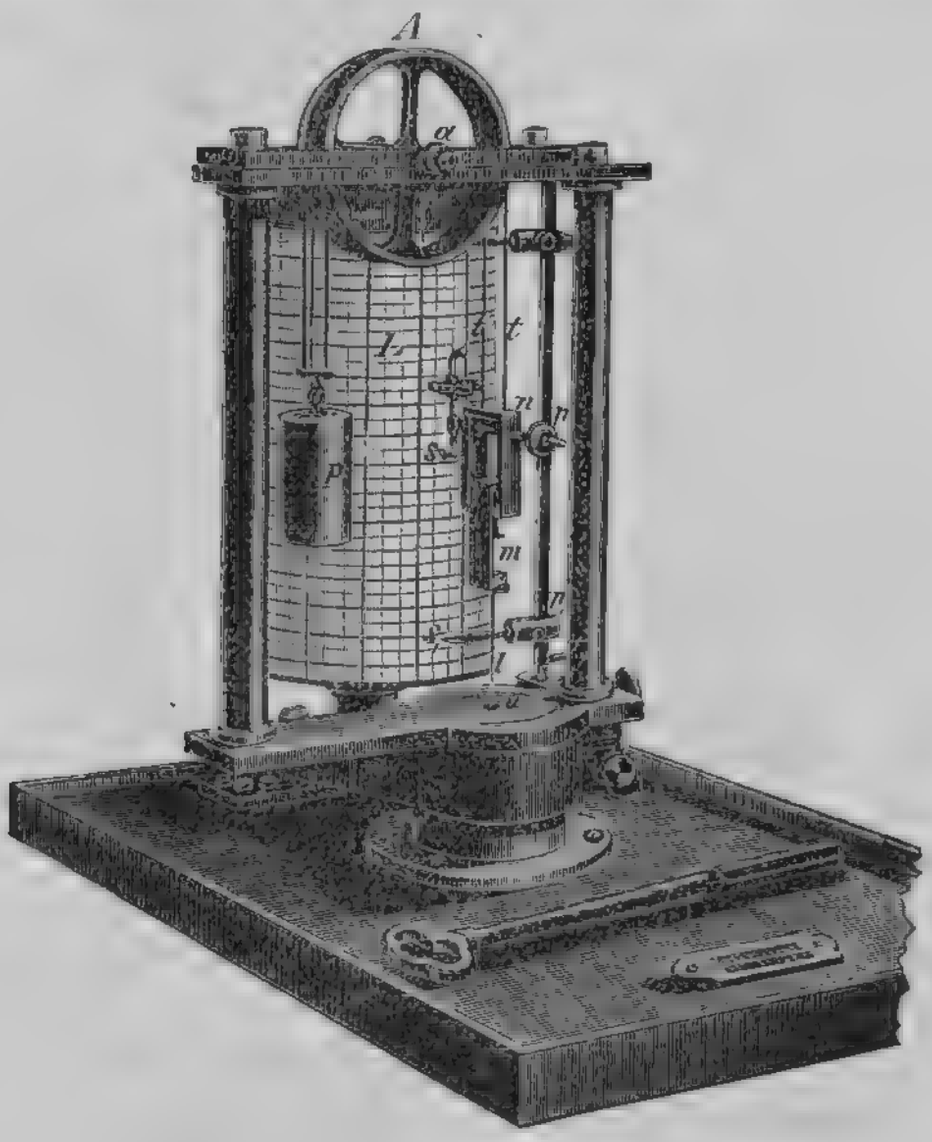
Пріемная часть прибора состоитъ изъ системы трехъ соединяющихся трубокъ (чер. 181), изъ которыхъ трубка A, оканчивающаяся книзу небольшимъ отверстіемъ a, наполнена параффиновымъ масломъ переходящимъ частью въ трубку B; въ послѣднюю до половины наливается ртуть, которая во избѣжаніе окисленія отдѣляется отъ масла тонкимъ слоемъ дистиллированной воды съ небольшимъ количествомъ глицерина. Ртуть переходитъ въ третью узкую трубку, и здѣсь на поверхности ртути находится поплавокъ отъ котораго идетъ внутри трубы C проволока къ пишущей части прибора. Отверстія b и c служатъ для наливанія ртути и масла, что дѣлается, конечно, до опусканія прибора въ воду, при чемъ тогда отверстіе a закрывается пробкою; послѣдняя вынимается, когда пріемникъ находится уже въ водѣ.



Чер. 181.

Вся система трубокъ помѣщается въ особую предохранительную трубу, въ нижней части которой сбоку имѣется маленькое отверстіе; черезъ послѣднее, когда пріемникъ опущенъ на достаточную глубину, проникаетъ вода, которая и устанавливается въ трубѣ на одномъ уровнѣ съ уровнемъ моря и производитъ давленіе черезъ отверстіе a на масло, а слѣдовательно и на ртуть. Такимъ путемъ колебанія уровня передаются поплавку.

Пишущая часть прибора (чер. 180) состоитъ изъ Ришаровскаго цилиндра L съ часовымъ механизмомъ, колеса A, рамы n съ наугольникомъ m и приспособленіемъ для удержанія и нажатія пера s на бумагу, надѣваемую на цилиндръ. Къ на-



Чер. 180. Пишущая часть мареографа Петреліуса.

угольнику m припаяна проволока l идущая отъ поплавка, а рама n виситъ на двухъ шелковинкахъ t и t', обхватывающихъ желоба колеса A и оканчивающихся противовѣсомъ P. Регулированіе нажатія пера производится микрометрическимъ винтомъ p. Дѣйствіе прибора происходитъ слѣдующимъ обра-

зомъ: при поднятіи уровня давленіе на масло и на ртуть увеличивается, поплавокъ въ трубкѣ C поднимается, и тогда противовѣсъ P, натягивая проволоку l и шнуры t и t', поднимаетъ раму n, а вмѣстѣ съ тѣмъ идетъ вверхъ и перо s; обратное движеніе пера происходитъ при пониженіи уровня.

Бумага, надѣваемая на цилиндръ, разграфлена горизонтальными линіями на миллиметры и вертикальными для обозначенія времени.

Въ этомъ приборѣ нѣкоторая высота уровня H уравновѣшивается извѣстнымъ столбомъ ртути, слѣдовательно, ординаты кривой на цилиндрѣ представляютъ высоты уровня, уменьшенныя во столько разъ, во сколько плотность ртути болѣе плотности воды, т. е. приблизительно въ 13,5 разъ для прѣсной воды и 13,3 для морской воды съ удѣльнымъ вѣсомъ 1,02, при температурѣ 0°. Этотъ переводный множитель вообще измѣняется съ соленостью воды и температурою, такъ какъ эти факторы вліяютъ на плотность воды и плотность ртути.

Кромѣ того, переводный множитель зависитъ еще отъ отношенія діаметровъ трубокъ B и C. Зная это отношеніе и отношеніе плотности ртути и воды можно въ каждомъ данномъ случаѣ найти точно переводный множитель изъ слѣдующихъ соображеній. Пусть δ отношеніе плотности ртути къ водѣ, R — радіусъ трубки B, r — радіусъ трубки C, H — высота уровня воды отъ нуля футштока, соотвѣтствующаго уровню, когда ртуть въ B и C на одинаковой высотѣ, x — пониженіе ртути въ B, h — ордината, снятая съ діаграммы и соотвѣтствующая высотѣ уровня H, то, исходя изъ условій равновѣсія, будемъ имѣть

$$\frac{H + x}{h + x} = \delta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Но

$$x\pi R^2 = h\pi r^2$$

или

$$x = \frac{r^2}{R^2} h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

слѣдовательно, послѣ подстановки въ (1) величины x изъ (2), получимъ окончательно

$$H = h\delta\left(1 + \frac{r^2}{R^2} - \frac{r^2}{R^2\delta}\right).$$

На практикѣ при малыхъ колебаніяхъ уровня и солености (что обыкновенно имѣетъ мѣсто, если приборъ устанавливается не въ устьѣ рѣкъ, имѣющихъ приливы и отливы), можно считать переводный множитель постояннымъ, даже при колебаніяхъ температуры въ пріемникѣ отъ 0° до 25° Ц., и величины H получаются съ точностью до 1 сантиметра.

Во всѣхъ случаяхъ для полученія точнаго отношенія между ординатами кривой какого-либо самопишущаго футштока и высотою уровня производятъ наблюденія въ извѣстный часъ дня по обыкновенному футштоку; сравнивая эти непосредственныя наблюденія съ ординатами кривой для того-же часа, получаютъ коэффиціентъ для перехода отъ ординатъ къ истинной высотѣ уровня.

Вообще, если a—высота постоянной линіи на цилиндрѣ надъ нулемъ футштока y'—ордината, снятая съ кривой прибора для даннаго момента и y—высота воды по футштоку, въ тотъ-же моментъ, то имѣемъ:

$$y = a + ky',$$

гдѣ k—нѣкоторый постоянный коэффиціентъ, зависящій отъ масштаба ординатъ на приборѣ. Имѣя много такихъ уравненій, можно изъ нихъ опредѣлить, по способу наименьшихъ квадратовъ, вѣроятнѣйшія величины a и k. Можно, однако, довольствоваться при обработкѣ записей и способомъ интерполяціи. Именно, получивъ для начала и конца данныхъ сутокъ разности между непосредственными отсчетами обыкновеннаго футштока и ординатами самопишущаго, считать такую разность, если она оказалась не постоянною, измѣняющуюся про-

порціонально времени и потому избытокъ одной разности надъ другою разложить пропорціонально на промежуточные часы сутокъ и полученными такимъ путемъ разностями для всѣхъ часовъ сутокъ исправлять ординаты самопишущаго прибора.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАЗВИТІЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ.

Рельефъ дна океановъ и морей.

Измѣреніе океанскихъ глубинъ. Измѣреніе глубинъ вблизи береговъ вѣроятно столь же древне, какъ и самое мореплаваніе. Прибрежные промѣры дѣлались всегда какъ необходимое средство для безопасности плаванія, и въ половинѣ 16 столѣтія измѣренныя глубины наносятся уже на карты. Другое дѣло измѣреніе глубинъ въ открытыхъ океанахъ. Этимъ измѣреніямъ долго не придавали значенія, и первыя попытки такихъ измѣреній мы встрѣчаемъ не раньше 16 столѣтія. Но, очевидно, уже при первыхъ измѣреніяхъ обнаружилась невозможность опредѣлить глубину въ океанахъ обыкновеннымъ диплотомъ, такъ какъ въ началѣ 17 столѣтія видимъ попытки примѣненія приборовъ, отличныхъ отъ обыкновеннаго лота. Такъ, напримѣръ, неаполитанецъ Альберти предложилъ опускать на дно пробковый шаръ съ прицѣпленнымъ къ нему грузомъ, который по достиженіи дна отдѣлялся, а шаръ послѣ отдѣленія груза долженъ былъ всплывать на поверхность; по времени, прошедшему между опусканіемъ шара и

поднятіемъ его на поверхность, предполагалось вычислять глубину. Впослѣдствіи идеею Альберти думалъ воспользоваться Гукъ, употребляя вмѣсто пробковаго деревянный шаръ. Также англичане пробовали примѣнить къ поплавку съ грузомъ особый измѣритель пройденнаго пути и т. п. Въ то же время Дезагюлье и др. предлагали опредѣлять глубину аппаратомъ, основаннымъ на измѣняемости давленія съ глубиною. Всѣ эти аппараты въ томъ видѣ, какъ они предлагались, оказывались или вовсе непримѣнимыми, какъ напр. Гука, или же ломкими, и не выдерживали огромнаго давленія на глубинахъ, какъ аппаратъ Дезагюлье. Послѣ такихъ неудачныхъ попытокъ обратились къ обыкновеннымъ лотамъ и стали употреблять только болѣе тяжелыя гири. Кукъ и Форстеръ пытались опредѣлить глубину въ южномъ Полярномъ морѣ, но безуспѣшно. Болѣе счастливымъ оказался Дж. Россъ, во время полярной экспедиціи въ 1818 году. Ему удалось измѣрить въ Баффиновомъ заливѣ глубины до 1070 саж. и достать образчики грунта. Скорезби, извѣстный китоловъ, неоднократно пытался во время своихъ полярныхъ экспедицій опредѣлить глубину, но болѣе 1200 саж. дна не доставалъ. Въ такомъ видѣ измѣреніе глубинъ оставалось до сороковыхъ годовъ XIX столѣтія.

При такихъ обстоятельствахъ и представленія наши о рельефѣ дна океановъ были чисто гипотетическаго свойства. Такъ, въ срединѣ XVII столѣтія Вареній полагалъ, что дно океана вездѣ ровное, тогда какъ позже географъ Бюаше сочинилъ цѣлую гипотезу о подводныхъ горахъ и долинахъ, подобныхъ тѣмъ, которыя замѣчаются и на материкахъ. Въ сороковыхъ годахъ XIX столѣтія предполагали, что наибольшая глубина океана не превышаетъ 2000 саж.; Бергтаузъ, а за нимъ и другіе принимали за максимумъ глубины 1200 саж., измѣренныя Скорезби. Рядомъ съ этимъ нѣкоторые полагали, что наибольшая глубина вѣроятно соотвѣтствуетъ высочайшей горѣ на земной поверхности, предположеніе ни на чемъ не основанное и вовсе не подтвердившееся въ наше время.

Съ сороковыхъ годовъ XIX ст. начинаютъ возобновляться снова попытки конструировать аппараты, основанные болѣе или менѣе на тѣхъ же принципахъ, которые думали примѣнить въ XVII—XVIII столѣтіи. Такимъ образомъ, появляются время отъ времени различные типы океанскихъ глубомѣровъ.

Такъ, появляется лотъ Массея, въ которомъ 3-хъ или 4-хъ лопастной винтъ съ приспособленнымъ къ нему на вертикальной оси счетчикомъ числа оборотовъ винта, подобно тому, какъ въ лагѣ Массея, служитъ измѣрителемъ пути, пройденнаго лотомъ. По достиженіи дна винтъ или разобщается со счетчикомъ или же посредствомъ особаго приспособленія онъ зажимается такъ, что при подъемѣ лота со дна винтъ уже не вращается. По сравненіи съ обыкновеннымъ лотомъ можно опредѣлить для каждаго такого аппарата число оборотовъ винта, соотвѣтствующее разнымъ глубинамъ.

Лотъ Эриксона. Эриксонъ предложилъ лотъ, основанный на измѣняемости давленія съ глубиною. Аппаратъ состоитъ изъ 2-хъ соединенныхъ между собою трубокъ; вода входитъ въ одну изъ трубокъ и подымается тамъ до нѣкоторой высоты, сжимая находящійся воздухъ; высота воды тѣмъ больше, чѣмъ больше давленіе, слѣдовательно, чѣмъ больше глубина. При нѣкоторой глубинѣ вода, наполнивъ первую трубку, переходитъ во вторую черезъ весьма узкое отверстіе въ мѣстѣ соединенія трубокъ. По высотѣ воды во 2-й трубкѣ можно судить о давленіи на днѣ и слѣдовательно о соотвѣтствующей ему глубинѣ погруженія аппарата. На второй же трубкѣ устроены дѣленія, означающія глубины; дѣленія эти наносятся или по сравненію одновременныхъ наблюденій по этому аппарату съ простымъ лотомъ или же на основаніи закона сжатія воздуха.

Какъ лотъ Массея, такъ и Эриксона[56]), оказались хорошими при небольшихъ глубинахъ, но непримѣнимыми въ океанахъ. Извѣстно, что принципъ Эриксонова лота примѣненъ въ наше время Томсономъ къ лотамъ для измѣренія глубинъ до 100—150 саж., и этотъ лотъ получилъ теперь всеобщее распростра-

неніе благодаря тому, что имъ можно мѣрить глубины на ходу при большихъ скоростяхъ. Лотъ Эриксона на большихъ глубинахъ потому не могъ быть употребляемъ, что отъ огромнаго давленія трубки ломались, но если бы даже этого и не было, то трудность его примѣненія заключалась бы въ чрезвычайно мелкихъ дѣленіяхъ на трубкѣ для глубинъ больше 200 саж., такъ что значительныя глубины нельзя было бы и вовсе измѣрять. Что касается Массеева лота, то онъ собственно не вполнѣ надежный приборъ, какъ прямой измѣритель глубины, но онъ можетъ быть полезнымъ, какъ контрольный аппаратъ при обыкновенномъ лотѣ. Когда линь увлекается въ сторону, вслѣдствіе ли теченій или дрейфа, то глубина по линю получается невѣрною, тогда какъ грузъ идетъ по вертикальной линіи, и если къ этому грузу приспособить индикаторъ, то послѣдній покажетъ только пространство, пройденное по вертикальной линіи. Въ такомъ видѣ и пользовались имъ весьма часто американцы при океанскихъ промѣрахъ въ Гольфстримѣ.

Лотъ Сименса. Совершенно новый принципъ мы видимъ въ лотѣ Вилльяма Сименса, а именно, онъ основанъ на разности притяженій воды и горныхъ породъ земной коры; таковая разность обусловлена разностью плотностей этихъ тѣлъ. Плотность различныхъ породъ въ среднемъ можно принять равною 2,763, плотность же морской воды среднимъ числомъ 1,026. Вслѣдствіе этой разницы, надъ океаномъ общее притяженіе будетъ меньше, чѣмъ надъ материкомъ, и тѣмъ меньше, чѣмъ толще слой воды, т. е. чѣмъ больше глубина [57]).

Для устройства прибора, которымъ бы можно было измѣрять измѣненіе притяженія, Сименсъ воспользовался тѣмъ, что упругость пружинъ не зависитъ отъ силы тяжести, тогда какъ вѣсъ ртути измѣняется съ измѣненіемъ силы тяжести. Въ приборѣ Сименса стальныя спирали поддерживаютъ на вѣсу массу ртути, находящуюся въ стальномъ цилиндрѣ съ расширеніями въ видѣ чашекъ на обоихъ концахъ; нижняя чашка закрыта стальною упругою пластинкою, которая поддерживается

въ центрѣ снизу горизонтальнымъ крестомъ, прикрѣпленнымъ къ концамъ пружинъ. Надъ ртутью находится спиртъ, проникающій въ узкую стеклянную, горизонтально-загнутую трубку, въ которой воздушный пузырекъ служитъ индексомъ прибора, указывая положеніе поверхности ртути. Упругость пружинъ должна быть разсчитана такъ, чтобы противодѣйствовать давленію ртути на упругое дно. При измѣненіи силы тяжести ртуть приподнимается или опускается въ трубкѣ, а вмѣстѣ съ тѣмъ двигается и индексъ. Чѣмъ относительные размѣры трубки меньше размѣровъ сосуда, содержащаго ртуть, тѣмъ чувствительность прибора больше. При этомъ размѣры трубки и сосуда разсчитываются такъ, что вліяніе температуры компенсируется упругостью пружинъ, по крайней мѣрѣ, въ извѣстныхъ предѣлахъ, и при условіи, что всѣ части прибора достигаютъ одинаковой температуры. Для достиженія послѣдняго, приборъ окружаютъ дурными проводниками. Конечно, при измѣреніяхъ надо принять во вниманіе вліяніе широты мѣста и сжатіе земли.

Такимъ образомъ, приборъ Сименса, будучи установленъ на палубѣ судна, долженъ давать прямо глубины подъ судномъ, если заранѣе эмпирически раздѣлить шкалу. Собственно говоря, приборъ даетъ не абсолютную глубину въ данномъ мѣстѣ, а нѣкоторую среднюю глубину окружающей мѣстности. Впервые испытывали приборъ Сименса на пароходѣ „Faraday“ въ 1875 году при прокладкѣ телеграфа между Европой и Америкой. Сравненія его съ непосредственными измѣреніями глубинъ посредствомъ лота Томсона дали разницу при глубинѣ свыше 2000 саж.—до 270 саж. Разница однако между измѣренною глубиною приборомъ Сименса и лотомъ Томсона колебалась весьма неправильно; такъ, иногда она и при 2000 саж. была всего до 10 саж., иногда 100 и болѣе. Хотя послѣ этого приборъ еще усовершенствованъ, но повидимому неправильность его колебаній и сложность его составляютъ причину, почему онъ не получилъ распространенія.

Лотъ Брука. Въ то же время, какъ занимались изобрѣ-

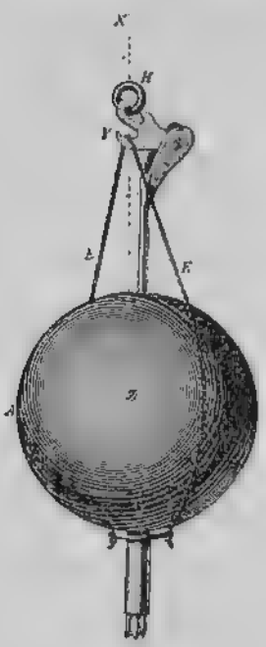
теніемъ особыхъ приборовъ для измѣренія океанскихъ глубинъ, старались примѣнить къ этому же и обыкновенный диплотъ, сдѣлавъ въ немъ тѣ или другія измѣненія. Трудность измѣрять обыкновеннымъ диплотомъ большія глубины, напр. около 1000 и болѣе саж., происходитъ отъ того, что вѣсъ лотлиня при такихъ глубинахъ становится настолько значительнымъ, что лотлинь продолжаетъ сматываться съ вьюшки отъ одной тяжести его, и при паденіи лота на дно не чувствуется облегченія въ рукѣ, слѣдовательно, моментъ такого прикосновенія не можетъ быть отмѣченъ. Этимъ и объясняется, почему напр. Бериманъ на бригѣ „Dolphin“ въ средней части Атлантическаго океана не досталъ дна на $6^1/_2$ тысячъ саж., Дейманъ съ англійскаго судна „Herold“ измѣрилъ глубину $7^1/_2$ тыс. саж. и т. д., тогда какъ позднѣе на этихъ же мѣстахъ найдены глубины $2^1/_2$—3 тыс. саж.

Для сужденія о моментѣ паденія лота на дно пользовались признакомъ, открытымъ еще Россомъ во время его экспедиціи къ южному полюсу 1839—43 гг.

Россъ замѣтилъ, что промежутки времени прохожденія каждыхъ 100 саж. марки лотлиня, до достиженія лотомъ дна, составляютъ постепенно-возрастающій рядъ, такъ какъ все увеличивается длина вытравливаемаго лотлиня; послѣ же паденія лота на дно рядъ скоростей имѣетъ какъ бы разрывъ постепенности. Теоретически опредѣленіе этимъ способомъ момента достиженія лотомъ дна, а слѣдовательно и точное опредѣленіе глубины, возможно при всякой глубинѣ, но на практикѣ на падающій линь дѣйствуютъ многія обстоятельства, производящія то увеличеніе, то уменьшеніе скорости; подъ вліяніемъ теченій и вѣтра судно или шлюпка дрейфуетъ, качка производитъ дерганіе линя, а непостоянное треніе вьюшки и блоковъ вліяетъ на неровность спуска. Вслѣдствіе всего этого ряды наблюденныхъ промежутковъ показываютъ болѣе или менѣе рѣзкія неправильности въ скоростяхъ падающаго линя; если же неправильности превышаютъ теоретическую разность скоростей, до

и послѣ паденія лота на дно, то опредѣленіе глубины этимъ способомъ становится невозможнымъ. Надо было увеличить означенную разность скоростей съ одной стороны и уменьшить неправильности съ другой. Но этого можно было только достигнуть хорошимъ выборомъ линя и соотвѣтственнаго груза.

Мори рекомендовалъ употреблять тонкій шнурокъ и ядро въ 32 ф. и производить промѣръ не съ судна, а со шлюпки, тщательно удерживая послѣднюю надъ линемъ. Лейт. Сѣв.-амер. флота Ли пользовался линемъ, котораго первыя 300 саж. были вдвое и втрое толще и сто саженъ котораго вѣсили отъ 1 до $1\frac{1}{5}$ фунта, и затѣмъ для груза бралъ два 32-хъ фунтовыя ядра, и такимъ путемъ Ли удалось опредѣлить глубины во многихъ пунктахъ Атлантическаго океана между 30° N и 5° S широты. Тѣмъ не менѣе тонкіе лини часто рвались, и дѣло океанскаго промѣра составляло крайне трудную задачу, пока въ 1854 году помощнику Мори, мичману Бруку, не удалось устроить лотъ, который оказался болѣе или менѣе удовлетворяющимъ цѣли, и принципъ котораго примѣняется и въ современныхъ океанскихъ приборахъ.



Чер. 181. Лотъ Брука.

Принципъ лота Брука состоитъ въ отдѣленіи груза при достиженіи дна, такъ что лотъ Брука (черт. 181) состоитъ изъ 2-хъ частей: — легкаго стержня Z, прикрѣпленнаго къ лотлиню, и ядра A, надѣтаго на стержень и поддерживаемаго на вѣсу посредствомъ конца E, прикрѣпленнаго къ поддону и надѣваемаго на вращающійся гакъ F. Въ нижней части стержня ввинчиваются трубки для добыванія грунта. Въ моментъ достиженія дна лотлинь ослабѣваетъ, отчего гакъ F тяжестью ядра поворачивается внизъ и конецъ E падаетъ съ него, а вмѣстѣ съ нимъ опускается на дно и ядро A. Подобное устройство

дало возможность пользоваться тонкимъ линемъ при болѣе тяжеломъ грузѣ, чѣмъ въ обыкновенномъ диплотѣ, и въ то же время посредствомъ стержня получать образчики грунта и черезъ это несомнѣнное доказательство, что лотъ достигъ дна. Изобрѣтеніе Брука было большимъ шагомъ впередъ въ дѣлѣ океанскаго промѣра и лотомъ его измѣрено было много глубинъ, но этотъ лотъ въ томъ видѣ, какъ его изобрѣлъ Брукъ, обнаруживалъ еще нѣкоторые недостатки на практикѣ; грузъ иногда отдѣлялся раньше достиженія дна, да, наконецъ, и при всѣхъ благопріятныхъ обстоятельствахъ не такъ легко было замѣтить моментъ прикосновенія лота ко дну, и удача промѣра зависѣла въ значительной степени отъ выбора соотвѣтственныхъ линя и груза, при чемъ приходилось пользоваться и признакомъ Росса. Въ виду недостатковъ лота Брука, многіе командиры судовъ, преимущественно англичане, стали въ шестидесятыхъ годахъ XIX стол. употреблять въ дѣло опять простые диплоты съ постояннымъ грузомъ, заботясь только объ изысканіи наилучшаго линя и соотвѣтствующаго груза. Такъ, при прокладкѣ телеграфной проволоки между Ирландіею и Ньюфаундлендомъ въ 1858 г., Дейманъ употреблялъ тонкій тросовый линь съ грузомъ 118 фунтовъ, при этомъ, по достиженіи лотомъ дна, выбирали слабину линя до разрыва, такъ что жертвовался весь линь, и притомъ грунтъ не доставался. На основаніи опытовъ Дейманъ полагалъ, что точность промѣра съ Бруковымъ лотомъ, при глубинѣ $2^1/_2$ тыс. саж., около 150 саж., тогда какъ при его способѣ глубина получается вполнѣ точно. Промѣры Деймана, однако, хотя можетъ быть и точнѣе были тѣхъ, которые производились лотомъ Брука, но, не давая образчиковъ грунта, не могли быть рекомендованы.

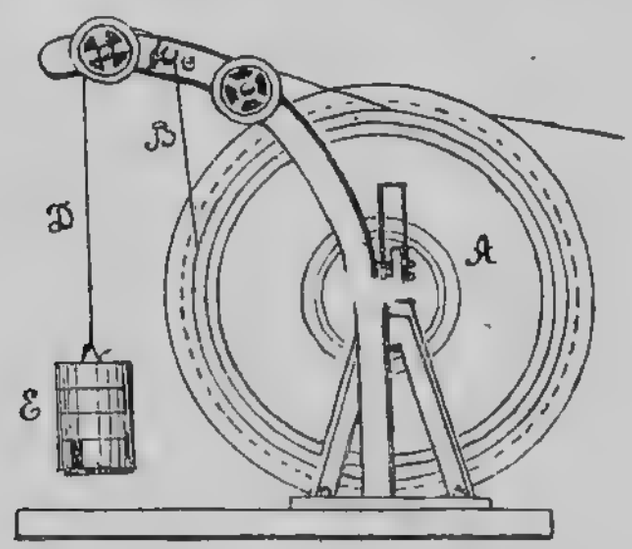
Буке-де-ля-Гри пытался вычислить наивыгоднѣйшую толщину линя, который бы удовлетворялъ двумъ цѣлямъ: быстрому паденію и возможно большему отношенію скоростей. На практикѣ оказывалось, что толстый линь при большихъ глубинахъ падаетъ отъ собственной тяжести столь же быстро, какъ и до

паденія лота на дно; тонкій же линь не удовлетворителенъ, потому что ему нельзя придать гладкой поверхности и равномѣрной крѣпости и не устраняетъ опасности разрыва. Однимъ словомъ въ концѣ 60-хъ годовъ дѣло было въ такомъ положеніи: одни употребляли лоты Брука, другіе же неотдѣляющіеся грузы — удача промѣра вполнѣ зависѣла отъ усердія и опытности наблюдателей.

Лотъ Шнейдера[58]). Въ это время Э. Х. Шнейдеръ предложилъ электрическій глубомѣръ. Этотъ аппаратъ давалъ возможность опредѣлить точно моментъ паденія лота на дно. Приборъ испытывался на глубинахъ 2000 саж. въ Средиземномъ морѣ на фр. „Пересвѣтъ“ въ 1866 году барономъ Врангелемъ и дѣйствовалъ удовлетворительно. Устройство его въ главныхъ чертахъ слѣдующее: мѣдная сердцевина, состоящая изъ нѣсколькихъ спиральныхъ проволокъ, изолированная резиновою оболочкой, окружена пеньковою оплеткою для приданія линю крѣпости. Къ концу этого линя прикрѣплялся особый изолирующій аппаратъ, къ которому привѣшивался храпъ съ гирею. Одинъ полюсъ гальванической батареи соединяется съ верхнимъ концомъ линя; когда на изолирующій аппаратъ дѣйствуетъ тяжесть гири, то онъ приводитъ нижній конецъ проволоки въ металлическое соединеніе съ водою. Отъ другаго полюса батареи проволока проходитъ черезъ намотку съ электромагнитомъ и затѣмъ къ подводной металлической обшивкѣ судна. Изъ этого слѣдуетъ, что во время паденія лота токъ замкнутъ; какъ только лотъ коснется земли, разобщающій аппаратъ изолируетъ нижній конецъ проволоки и прерываетъ токъ. Тогда рычагъ отходитъ отъ электромагнита и особою пружиною прижимается къ металлической кнопкѣ, замыкающей токъ въ приспособленномъ здѣсь звонкѣ, который начинаетъ дѣйствовать, какъ обыкновенно въ электрическихъ звонкахъ; этотъ звонокъ и даетъ знать о паденіи лота на дно. Почему однако этотъ лотъ не вошелъ во всеобщее употребленіе, — трудно сказать; единственное противъ него возраженіе было: сложность

аппарата и дороговизна въ то время изолированія проволоки. Вѣроятно аппаратъ Шнейдера былъ заброшенъ потому, что за границею было обращено вниманіе на изобрѣтеніе В. Томсона (лорда Кельвина).

Въ то время какъ снаряжалась экспедиція на Challenger'ѣ, а именно въ 1872 году, В. Томсонъ предложилъ замѣнить пеньковый линь проволокою (фортепіанная струна) и для спуска пользоваться особымъ станкомъ съ самодѣйствующимъ стопоромъ. Проволока представляетъ огромныя преимущества передъ тросовымъ линемъ въ томъ, что вѣсъ ея при той же крѣ-

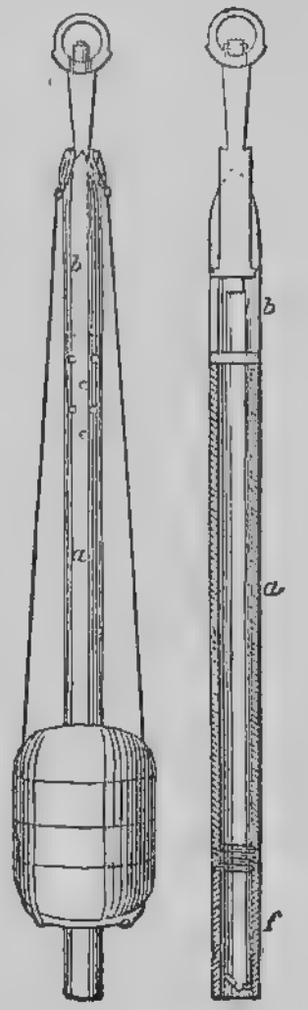


Чер. 182. Станокъ со стопоромъ и проволокою Томсона.

пости значительно меньше и потому легче замѣтить опредѣленіе момента прикосновенія лота ко дну. Крѣпость проволоки около 230 фунт., а вѣсъ одной морской мили въ воздухѣ около $14^1/_2$ фунтовъ, а въ водѣ приблизительно 12 фунтовъ, слѣдовательно почти въ 10 разъ меньше вѣситъ, чѣмъ пеньковый линь, употреблявшійся на Challenger'ѣ. Проволока наматывается на большую вьюшку A (черт. 182), 1 морск. саж. въ окружности, сдѣланную изъ легкаго гальванизированнаго листового желѣза; въ одной изъ щекъ вьюшки сдѣлана выемка, которая обхватывается тросовымъ концомъ BD (стопоръ); послѣдній однимъ концомъ закрѣпляется въ C на особой

стойкѣ у вьюшки, а на другомъ имѣетъ грузъ *E*. Этотъ тросовый конецъ и служитъ стопоромъ, и вся задача при промѣрѣ состоитъ въ томъ, чтобы къ нему подвѣшивать такой грузъ, который бы всегда нѣсколько превышалъ вѣсъ вытравленной проволоки. Когда лотъ достигнетъ дна, стопоръ задерживаетъ вьюшку почти моментально. Если, напр., вьюшка будетъ оказывать сопротивленіе при спускѣ лота на каждыя 1000 саж. выпущеннаго линя 12 ф. и если сверхъ того стопоръ придерживать съ силою 10 ф., то при паденіи лота на дно эти послѣдніе 10 фунт. остановятъ сейчасъ же вращеніе вьюшки. На практикѣ приходится нѣсколько измѣнять сопротивленіе вьюшки. Если приспособить къ прибору динамометръ, то послѣдній покажетъ каждый разъ, когда нужно увеличить, и когда уменьшить сопротивленіе. При вьюшкѣ приспособляется счетчикъ для опредѣленія числа оборотовъ и, слѣдовательно, длины вытравленнаго линя. Проволока, имѣя громадное преимущество предъ тросовымъ лотлинемъ, требуетъ только особаго ухода для избѣжанія ржавчины и образованія колышекъ, вслѣдствіе которыхъ легко можетъ произойти разрывъ линя. Для предохраненія же отъ ржавчины проволоку при выбираніи пропускаютъ между кусками резины, чтобы отжать воду, а затѣмъ черезъ жолобъ, наполненный масломъ. Для того, чтобы по достиженіи лотомъ дна вслѣдствіе нѣсколькихъ лишнихъ оборотовъ вьюшки проволока не легла бухтою на дно, и при выбираніи не образовала колышки, къ нижнему концу проволоки прикрѣпляютъ тросовый конецъ въ 2—3 саж., къ которому уже и привязывается лотъ. При проволокѣ треніе въ водѣ столь мало, что спускъ лота идетъ быстро, напр., при 3000 саж. дно уже достигается черезъ 50 минутъ — между тѣмъ какъ при пеньковомъ линѣ, измѣреніе глубины 2500 саж. продолжается около 4 часовъ времени. Быстрота измѣренія глубины, кромѣ выигрыша во времени, имѣетъ еще и то преимущество, что уменьшаетъ погрѣшности, происходящія отъ вліянія дрейфа судна во время погруженія лота.

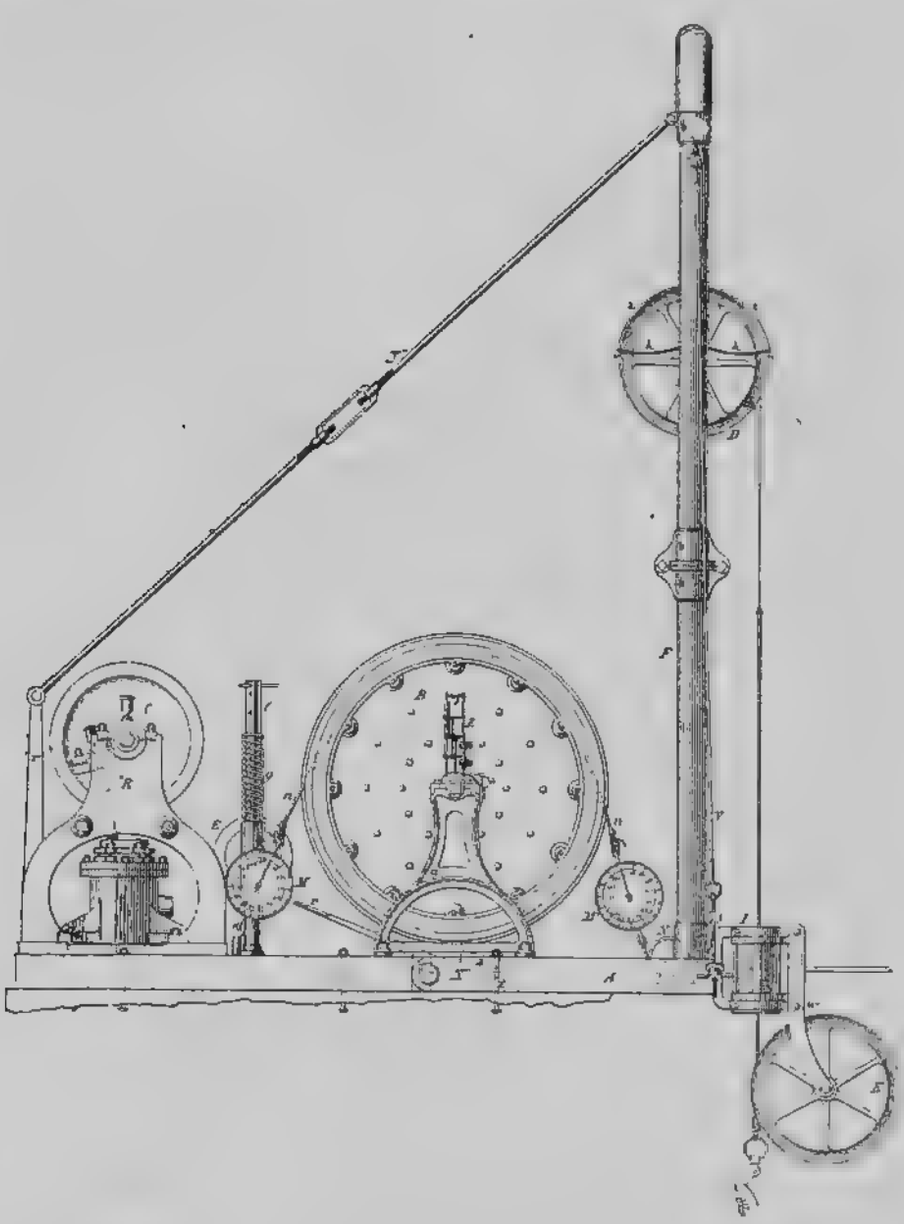
Изобрѣтеніе Томсона однако не сразу привилось, и въ экспедиціи Challenger'а пользовались еще пеньковымъ лотлинемъ (0,8 д. въ окружности) и усовершенствованнымъ аппаратомъ Брука. Такое усовершенствованіе было сдѣлано Бальи и состояло въ томъ, что вращающійся гакъ былъ замѣненъ (чер. 183) штокомъ *b* съ заплечиками, который свободно входилъ внутрь цилиндрической трубки *a*, замѣнявшей Бруковскій стержень. Для удержанія штока въ трубкѣ, въ верхней части ея сдѣлана продолговатая щель, черезъ которую проходитъ поперечный болтъ, прикрѣпленный къ штоку. При натянутомъ лотлинѣ болтъ упирается въ верхнюю кромку щели въ трубкѣ и заплечики штока приходятся тогда выше верхняго края трубки; когда же приборъ достигнетъ дна и лотлинь ослабнетъ, штокъ станетъ опускаться въ трубку и заплечики, дойдя до верхней грани трубки, сбросятъ съ себя тросовый конецъ, поддерживающій грузъ надѣваемый, какъ и въ лотѣ Брука, на трубку. Грузъ составлялся изъ нѣсколькихъ отдѣльныхъ кольцеобразныхъ гирь, число которыхъ соразмѣрялось съ глубиною моря. Къ нижней части трубки привинчивалась меньшая трубка *f* съ крыльчатымъ клапаномъ для удержанія грунта.



Чер. 183. Лотъ Бальи.

На Challenger'ѣ при промѣрѣ подвѣшивалась на нокѣ реи система изъ резиновыхъ стержней, къ нижнему концу которой прикрѣплялся блокъ; черезъ шкивъ послѣдняго пропускался лотлинь. Такое приспособленіе, называемое аккумуляторомъ, служитъ для устраненія вреднаго вліянія на линь толчковъ и со-

трясеній при качкѣ. Лотъ Томсона впервые съ успѣхомъ употреблялся при промѣрахъ на Tuscaror'ѣ въ 1874—76 гг. Въ лотѣ, устроенномъ Томсономъ для океанскихъ глубинъ не доставало аккумулятора. Эту часть дополнилъ Сигсби и въ то

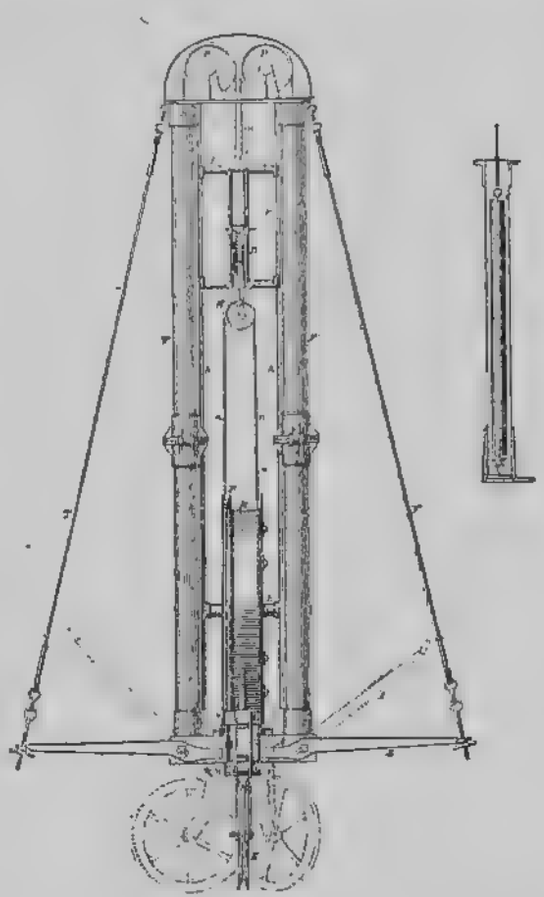


Чер. 184. Станокъ и аккумуляторъ къ лоту Сигсби.

же время еще ввелъ нѣкоторыя измѣненія и въ самомъ станкѣ Томсонова лота и въ способѣ сбрасыванія груза.

Лотъ Сигсби. На общей платформѣ *A* (черт. 184) устроены станокъ *B* для проволоки и аккумуляторъ. Послѣдній

состоитъ изъ двухъ пружинъ, изъ которыхъ каждая находится внутри вертикальной цилиндрической трубки F (черт. 185); пружины, какъ показано отдѣльно на черт. вправо, нижними своими концами прикрѣпляются къ основаніямъ трубокъ, а верхніе ихъ концы соединяются между собою помощью проволочнаго троса, проходящаго черезъ роульсы p въ верхней части аккумулятора и затѣмъ черезъ роульсъ v, прикрѣпленный къ особой рамѣ, движущейся по рельсамъ свободно между трубками аккумулятора. У нижняго основанія рамы имѣется блокъ H, черезъ который пропускается тросовый линь, проходящій затѣмъ черезъ особые блочки у основанія аккумулятора, послѣ чего одинъ его конецъ берется въ руки во время спуска лота, а другой прикрѣпляется къ динамометру M; отъ послѣдняго идетъ стопоръ n на вьюшку B къ другому динамометру M, укрѣпленному на платформѣ. Внутри рамы l вращается свободно колесо D, окружность котораго равна $^1/_2$ сажени; колесо снабжено счетчикомъ для опредѣленія числа его оборотовъ и верхняя половина колеса прикрывается крышкою изъ двухъ половинокъ, вращающихся на шарнирѣ и прижимаемыхъ къ колесу помощью особой пружинки. Проволока, сойдя съ вьюшки, пропускается черезъ колесо D (черт. 184) и затѣмъ черезъ небольшой полый цилиндръ I (въ передней части платформы) съ цѣлью предохранить проволоку



Чер. 185. Аккумуляторъ въ лотѣ Сигсби.

отъ тренія о платформу и придать ей въ началѣ вертикальное положеніе. Чтобы проволока не касалась стѣнокъ цилиндра при уклонахъ ея во время дрейфа судна, ниже цилиндра *I* устроено поворотное колесо *K*, при помощи котораго и отводится проволока, насколько это нужно въ каждомъ данномъ случаѣ. На одной изъ трубокъ аккумулятора устроена шкала, по которой можно судить о натяженіи проволоки, причемъ индексомъ шкалы служитъ верхній или нижній край колеса *D*. Вьюшка, подобно Томсоновской, окружностью въ 1 морскую сажень, имѣетъ въ одной изъ щекъ углубленіе для стопорнаго конца и снабжена на одномъ концѣ своей оси счетчикомъ числа оборотовъ, а на другомъ зубчаткою съ откидывающейся защелкою. Послѣдняя, будучи наброшена на зубчатку позволяетъ вьюшкѣ вращаться только въ ту сторону, въ которую она должна вращаться при спускѣ лота.

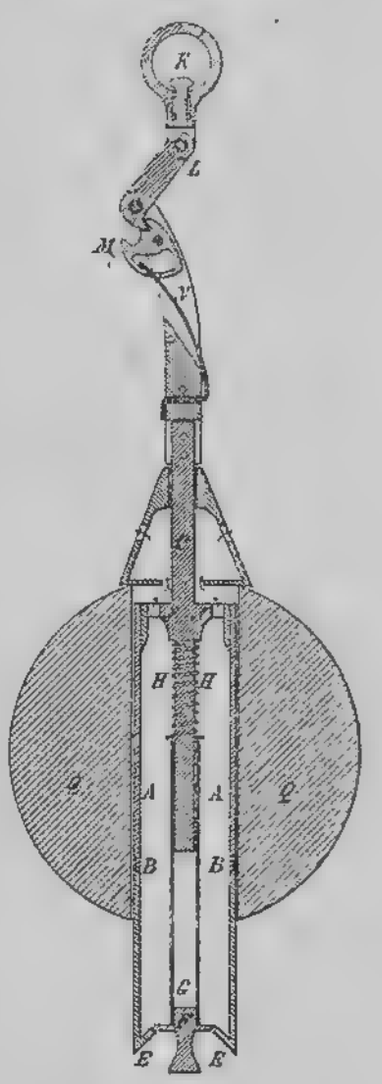
Подъ вьюшкою на платформѣ, устроенъ двухплечный рычагъ *rs*, служащій запаснымъ стопоромъ. Въ случаѣ надобности, одно плечо рычага *r* нажимается ногою и тогда другое плечо *s*, оканчивающееся деревяннымъ болванчикомъ, прижимается къ окружности вьюшки и тѣмъ стопоритъ её.

Для выбиранія лота со дна имѣется при аппаратѣ паровая машинка *R*, которую помощью безконечнаго ремня соединяютъ съ вьюшкою. Между вьюшкою и паровою машинкою устроена небольшая стойка *f* съ роульсомъ *E* и спиральною пружинкою *g*; безконечный ремень подводится снизу подъ этотъ роульсъ и пружинка нажимается настолько, чтобы ремень былъ вытянутъ втугую.

Трубки аккумулятора укрѣпляются посредствомъ штага и бакштаговъ. Почти всѣ части аппарата дѣлаются изъ стали.

Самый лотъ, т. е. грузъ устроенъ на Бруковскомъ принципѣ; онъ состоитъ изъ постоянной части и сбрасывающихся грузовъ. Постоянная часть, служащая для добыванія образчика грунта, представляетъ полый цилиндръ *A* (черт. 186), составленный изъ двухъ свинчивающихся (при *B*) трубокъ; къ цилиндру въ верхней его части присоединяется стержень *C*, посредствомъ пло-

щадки *I*, въ которой имѣется нѣсколько маленькихъ отверстій; стержень входитъ внутрь трубки *G*, въ которой онъ можетъ свободно скользить вверхъ и внизъ, будучи связанъ съ ней спиральною пружинкою *H*. Трубка *G* оканчивается клапаномъ *F*, запирающимъ нижнее дно цилиндра *E*. Надъ цилиндромъ въ верхней части стержня находится конусообразная крышка съ отверстіями. Когда крышка покоится на цилиндрѣ, ея основаніе запираетъ отверстія въ площадкѣ *I*. Вверху стержень оканчивается пластинкою *M*, которая имѣетъ два выступа: одинъ для набрасыванія петли отъ конца, поддерживающаго добавочный грузъ *Q*, а другой для зацѣпа въ то же время рычага *L*, вращающагося на шалнирѣ. Рычагъ *L* соединяется съ кольцомъ *K*, къ которому привязывается тросовый конецъ лотлиня. Пластинка *M* плотно прижимается къ рычагу *L* посредствомъ упругой пластинки *N* до тѣхъ поръ, пока лотъ на вѣсу. Но какъ только лотъ коснется дна и лотлинь ослабнетъ, дѣйствіемъ груза пластинка *M* повернется внизъ, а пружинка *N* еще болѣе будетъ этому содѣйствовать и тогда петля соскочитъ съ *M* и грузъ *Q* упадетъ на дно. Грунтъ войдетъ въ цилиндръ черезъ отверстіе *E*, которое откроется вполнѣ, благодаря упору клапана *F* въ дно. При выхаживаніи лота клапанъ *F* запираетъ отверстіе *E* дѣйствіемъ пружинки *H*, а конусообразная крышка запираетъ въ то же время верхнія отверстія въ цилиндрѣ *A* и тѣмъ предохраняетъ грунтъ въ цилиндрѣ *A* отъ размыванія водою.



Чер. 186. Грузъ къ лоту Сигсби.

Во время спуска лота крышка поддерживается на грузѣ Q, такъ что вода можетъ свободно проходить черезъ цилиндръ. Когда лотъ поднятъ, нижнюю половину цилиндра A отвинчиваютъ и достаютъ гнунтъ.

Расчетъ глубины дѣлается непосредственно по счетчику аккумулятора вполнѣ точно. Если же расчитывать по счетчику у вьюшки, то надо вводить нѣкоторую поправку къ числу оборотовъ вьюшки. Эта поправка получается или путемъ предварительнаго перематыванія проволоки съ вьюшки на особый запасный станокъ, или же берутъ среднюю величину окружности вьюшки до спуска и послѣ паденія лота на дно и эту величину, уменьшивъ на 1 сажень, помножаютъ на число оборотовъ по счетчику вьюшки.

Въ настоящее время для океанскихъ промѣровъ употребляютъ или лотъ Сигсби или подобые ему лоты, въ которыхъ отдѣльныя части могутъ быть устроены нѣсколько иначе, чѣмъ у лота Сигсби; но каково бы ни было это устройство, каждый современный лотъ, долженъ состоять: 1) изъ станка съ Томсоновскою вьюшкою и проволокою, 2) стопора, дѣйствующаго вручную или механически, 3) аккумулятора, пружиннаго или резиноваго съ роульсами или блокомъ, черезъ которые пропускается проволока и 4) аппарата устроеннаго на принципѣ Брука, и состоящаго изъ постоянной части для добыванія образцовъ грунта, и сбрасывающихся грузовъ; послѣдніе должны прочно держаться при спускѣ лота и легко отдѣляться отъ постояннаго аппарата при прикосновеніи его ко дну.

Приборъ для захватыванія грунта долженъ удовлетворять непремѣнному условію—захватывать возможно больше грунта и не допускать размыванія послѣдняго водою во время подъема аппарата. Аппаратъ, употреблявшійся первоначально Брукомъ, былъ далеко не совершенный; онъ состоялъ изъ трубочки въ нижнемъ днѣ стержня. Впослѣдствіи стали придѣлывать къ стержню два полыхъ полушарія, вращающихся на одномъ шалнирѣ и связанныхъ между собою пружинкою такъ, что при

спускѣ лота онѣ остаются открытыми лишь до тѣхъ поръ, пока на нихъ нажимаетъ добавочный грузъ, т. е. пока послѣдній держится на вѣсу, но лишь грузъ упадетъ на дно, полушарія запираются и захватываютъ такимъ образомъ образцы грунта. Подобный аппаратъ, извѣстный подъ именемъ „Bull-Dog machine“ былъ устроенъ на суднѣ того же имени въ 1860 г. Въ болѣе усовершенствованномъ видѣ такой же аппаратъ называли лотомъ „Hydra“ и онъ уже доставалъ со дна даже сравнительно большіе организмы.

Глубомѣръ Рунга, названный самимъ изобрѣтателемъ универсальнымъ, потому что конструкція его такова, что онъ можетъ служить какъ для навигаціонныхъ цѣлей (для провѣрки мѣста корабля по отличительной глубинѣ), такъ и для промѣровъ морей до глубинъ 1100 саж. слишкомъ. Приборъ основанъ на зависимости давленія на глубинѣ отъ высоты столба воды и пропорціональности между давленіемъ и плотностью воздуха сжатаго на искомой глубинѣ въ особой камерѣ. Основную часть прибора (черт. 187) составляетъ воздушная камера k и двѣ трубки l и m, которыя могутъ сообщаться съ камерою. Обѣ трубки открыты снизу, а въ верхней части имѣютъ канальцы для сообщенія съ внутренностью k воздушной камеры. Трубки вставлены въ оправу и затѣмъ въ довольно тяжелый свинцовый чахолъ L, служащій грузомъ прибору; къ оправѣ трубокъ придѣланы пружинныя кнопки f, такъ что, будучи нажаты, входятъ свободно внутрь чахла. Верхній край чахла прикрѣпленъ посредствомъ рычага t къ камерѣ H, и затѣмъ самъ чахолъ поддерживается еще или на кнопкахъ f или на выступахъ p, и можетъ имѣть движеніе вверхъ и внизъ на длину прорѣзей, сдѣланныхъ въ мѣстахъ выступовъ и кнопокъ. Наконецъ, къ оправѣ трубокъ придѣлано кольцо, къ которому прикрѣпляется лотлинь. При опусканіи прибора на глубину (лѣвый черт.) вода входитъ въ обѣ трубки, причемъ черезъ посредство трубки l, которая сообщена въ этотъ моментъ къ камерою, воздухъ сжимается въ послѣдней, тогда какъ черезъ трубку m вода прохо-

Чер. 187. Глубомѣръ Рунга.

дить насквозь свободно. Когда приборъ упрется въ дно, то чахолъ L приподымается до тѣхъ поръ, пока кнопки f не выступятъ изъ подъ него; дальнѣйшее движеніе чахла задержится въ то же время выступами p, а благодаря повороту рычага t, сообщеніе камеры K прекратится съ трубкою l и установится съ трубкою m (правый чер.). При выниианіи прибора, по мѣрѣ уменьшенія давленія, сжатый въ камерѣ воздухъ вытѣсняетъ воду изъ трубки m, и когда приборъ окончательно вынутъ изъ воды то по высотѣ воды, оставшейся въ трубкѣ m, можно судить о глубинѣ погруженія прибора; отсчетъ этой высоты на особой шкалѣ, устраиваемой рядомъ съ трубкою m даетъ прямо глубину въ саженяхъ. Уменьшая камеру въ 2,3 и т. д. раза можно измѣрять глубины больше показанныхъ на шкалѣ въ 2,3 и т. д. раза. У существующихъ приборовъ имѣются камеры для измѣренія глубинъ до 1120 саж. (на шкалѣ нанесены дѣленія

до 140 саж. а камеръ имѣется 8 номеровъ), причемъ дѣленія шкалы расчитаны на давленіе атмосферы въ 760 миллим., такъ что при другихъ давленіяхъ должны быть вводимы поправки, даваемыя при каждомъ приборѣ.

Относительно этого прибора могутъ быть сдѣланы слѣдующія замѣчанія: 1) содержащіеся въ водѣ, вытѣсняемой изъ трубки *m*, газы могутъ выдѣляться при вынимании прибора и тѣмъ нарушать правильность его показаній, и 2) лучше слѣдовало бы приспособить къ прибору сбрасывающіеся грузы взамѣнъ постояннаго, такъ какъ подымать послѣдній на проволокѣ Томсона съ большимъ глубинъ довольно рисковано. Преимущества прибора это—то, что получается глубина независимо отъ уклона лотлиня.

Подобныя же преимущества имѣетъ и глубомѣръ Томсона, основанный также на измѣняемости давленія съ глубиною, но въ немъ въ трубкѣ измѣняется объемъ обратно пропорціонально давленію или же, какъ въ пружинномъ его приборѣ, давленіе уравновѣшивается упругостью пружины. Въ томъ и другомъ случаѣ шкала, какъ уже было упомянуто выше, быстро уменьшается съ возрастаніемъ глубины и уже при глубинѣ больше 100 — 120 саж. дѣленія шкалы едва измѣримы, а потому такіе глубомѣры могутъ употребляться до глубинъ вообще 100 — 120 саж., т. е. какъ обыкновенные диплоты и слѣдовательно они не пригодны для морскихъ промѣровъ, тогда какъ глубомѣромъ Рунга можно пользоваться въ многихъ моряхъ, имѣющихъ глубины не свыше 1000 с.

Изъ всего вышеизложеннаго мы видимъ, что главною причиною недостатка свѣдѣній объ океанскихъ глубинахъ до половины XIX столѣтія было не столько отсутствіе интереса къ океанскимъ промѣрамъ, сколько несовершенство измѣрительныхъ приборовъ. Попытки измѣрить глубину обыкновеннымъ диплотомъ приводили къ громаднѣйшимъ, но въ то-же время невѣрнымъ цифрамъ глубинъ, какъ можно судить по выше приведеннымъ примѣрамъ измѣреній Беримана и Деймана. Только

со времени изобрѣтенія Брука измѣряемыя глубины можно было уже считать достовѣрными, и американцы, благодаря энергіи знаменитаго Мори, не упускали случая опредѣлять глубину въ томъ или другомъ мѣстѣ Атлантическаго океана. Когда же явилась мысль соединить подводнымъ телеграфомъ Америку и Европу, то произведенъ былъ промѣръ океана по нѣсколькимъ направленіямъ. Такъ, въ 1856 году промѣрена линія отъ Валенціи до Ньюфаундленда, въ 1857 г. линія отъ Ньюфаундленда до Азорскихъ острововъ и оттуда до Англіи и въ 1860 году линія отъ Фарэрскихъ острововъ къ Исландіи, затѣмъ къ Гренландіи и къ Лабрадору.

Въ тоже время шведскими учеными изслѣдованы воды въ окрестностяхъ Исландіи, Шпицбергена, Норвегіи, а англичанами воды Великобританіи. Такимъ образомъ въ началѣ семидесятыхъ годовъ рельефъ дна большей части Атлантическаго океана становится болѣе или менѣе извѣстнымъ. Также изысканія наивыгоднѣйшей линіи для укладки кабеля между Америкою и Азіею (изъ Калифорніи въ Японію) 1873—76 гг., производившіяся американцами на „Tuscaror'ѣ“, дали намъ рядъ глубинъ въ Тихомъ океанѣ и преимущественно въ сѣверной его части. Затѣмъ экспедиціи на Challenger'ѣ и Gasell'ѣ и рядъ другихъ, указанныхъ выше въ историческомъ очеркѣ развитія океанографіи, пополнили наши свѣдѣнія относительно глубинъ океановъ и морей. Замѣною тросового лотлиня Томсоновскою проволокою настолько облегчилась задача океанскихъ промѣровъ, что въ настоящее время этотъ промѣръ производится при каждомъ удобномъ случаѣ, особенно англійскими и американскими судами [59]).

Точность океанскихъ промѣровъ. Ошибки промѣра происходятъ 1) отъ уклона линя отъ вертикальнаго положенія и 2) отъ неточности въ опредѣленіи мѣста судна.

Въ случаѣ вертикальнаго положенія лотлиня при спускѣ лота ошибка въ глубинѣ можетъ произойти лишь отъ чрезмѣрной нагрузки глубомѣра и вслѣдствіе этого большой скорости

вращенія вьюшки, но эта ошибка вообще не велика, отъ 1 до 2 саж. Въ случаѣ сильнаго дрейфа судна лотлинь не идетъ вертикально и для опредѣленія ошибки въ этомъ случаѣ надо-бы знать форму кривой, по которой лотлинь направляется въ глубину. При выходѣ изъ аккумулятора или изъ направляющаго колеса проволока во время дрейфа судна спачала довольно сильно уклоняется до входа въ воду, а затѣмъ переходитъ постепенно въ вертикальное положеніе; такимъ образомъ можно предполагать что въ водѣ проволока идетъ по нѣкоторой параболѣ. Однако показатель этой параболы остается неизвѣстнымъ и слѣдовательно точность глубины въ данномъ случаѣ не можетъ быть опредѣлена. Поэтому, при океанскихъ промѣрахъ надо стараться маневрированіемъ съ судномъ удерживать проволоку возможно вертикально.

Что касается неточности измѣренной глубины въ зависимости отъ ошибокъ въ опредѣленіи мѣста судна, то эта неточность при ровномъ или мало измѣняющемся рельефѣ незначительная, но на крутыхъ скатахъ она можетъ выразиться десятками сажень. Если вѣроятная ошибка въ широтѣ и долготѣ мѣста $\pm$ a миль, то общая ошибка въ мѣстѣ судна

$$\Delta\mu = \pm\sqrt{a'^2 + a'^2} = \pm a'\sqrt{2};$$

при $a = 1$ мили

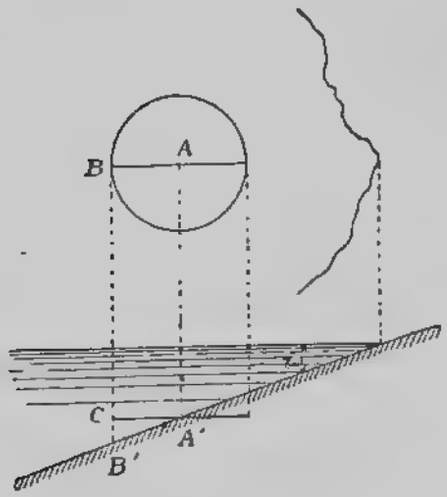
$$\Delta\mu = 1013\sqrt{2}\text{ саж.} = \pm 1418\text{ саж.}$$

Пусть, напр. судно считаетъ свое мѣсто въ A (чер. 188), тогда какъ на самомъ дѣлѣ оно находится въ B; измѣривъ глубину мѣста BB' судно считаетъ эту глубину соотвѣтствующую мѣсту A.

Если уклонъ дна $= i^\circ$, ошибка въ промѣрѣ будетъ $B'C = \Delta\mu$ tang. i, такъ что напримѣръ при $i = 4^\circ$ ошибка дости-

гаетъ ± 100 саж. Ниже, мы увидимъ, что углы береговыхъ скатовъ часто достигаютъ 4° и болѣе, но въ открытыхъ частяхъ океановъ скаты едва достигаютъ 1°, такъ что ошибка въ промѣрѣ болѣе всего зависитъ отъ ошибки въ опредѣленіи мѣста судна.

Общій обзоръ рельефа океанскаго дна. Для наглядnаго изображенія рельефа наносятъ на карту всѣ измѣренныя глубины и, проведя линіи равныхъ глубинъ (изобаты) черезъ извѣстное число саженъ (или метровъ), окрашиваютъ пространство между одинаковыми изобатами въ одинъ и тотъ же цвѣтъ, увеличивая интенсивность послѣдняго по мѣрѣ перехода отъ меньшихъ глубинъ къ большимъ.



Чер. 188.

На приложенныхъ здѣсь картахъ №№ 4, 5 и 6, заимствованныхъ изъ изданія трудовъ экспедиціи „Challenger“ (Murray 1895 г.) и пополненныхъ мною промѣрами по 1900 г. проведены изобаты 100, 500, 1000, 2000 и т. д. саженъ, при чемъ площади съ глубиною менѣе 100 саж. оставлены неокрашенными. Обращая прежде всего вниманіе на эти послѣднія, мы видимъ, что онѣ составляютъ какъ бы продолженіе материковъ подъ водою, въ видѣ болѣе или менѣе узкой прибрежной полосы, и только въ нѣкоторыхъ мѣстахъ 100 саж. изобата отходитъ далеко отъ материковъ, отдѣляя мелкія внутреннія или окраинныя моря, какъ Нѣмецкое и Балтійское моря, Персидскій заливъ и Желтое море.

Отъ 100 саж. изобаты дно океановъ спускается болѣе или менѣе круто къ 1000—2000 саж. глубины, а затѣмъ все огромное пространство океанскаго дна, называемое обыкновенно ложемъ океановъ, представляетъ слегка волнистую равнину, пересѣкаемую лишь изрѣдка впадинами, подводными плоскими

возвышенностями, или же подымающимися съ большой глубины океаническими островами.

Въ высшихъ южныхъ широтахъ въ Атлантическомъ океанѣ и въ прилегающихъ къ нему частяхъ Тихаго (до 130° зап. долг.) и Индійскаго океановъ (до 60° вост. д.) ложе океановъ, доходя почти до южнаго полярнаго круга, обнаруживаетъ довольно крутой подъемъ къ Антарктидѣ, тогда какъ въ остальныхъ частяхъ Тихаго и Индійскаго океановъ подъемъ ложа къ антарктической возвышенности начинается уже на параллели 50° ю. ш. и идетъ постепенно. На сѣверѣ ложе Атлантическаго океана отдѣляется отъ С. Ледовитаго океана подводнымъ хребтомъ *) на глубинѣ менѣе 500 саж. по линіи Гренландія — Исландія — юго-зап. Норвегія, а ложе Тихаго океана оканчивается въ Беринговомъ морѣ.

Въ этомъ всемірномъ океанскомъ ложѣ, глубиною въ общемъ отъ 2 до 3 тысячъ саж., котловины болѣе 3 тысячъ и подъемы дна выше 2 тыс. саж. встрѣчаются сравнительно рѣдко, а впадины болѣе 4 или 5 тыс. саж. и возвышенности на глубинѣ меньшей 1000 саж. (банки) составляютъ исключенія.

Въ Атлантическомъ океанѣ всего два углубленія свыше 4000 с.; одно занимаетъ небольшую площадь сѣвернѣе о-ва Порторико, съ наибольшею глубиною въ 4561 саж., а другое у экватора съ выемкою въ 4030 саж.

Въ Индійскомъ океанѣ глубины не достигаютъ 4000 с., а въ Тихомъ океанѣ находимъ впадины, превышающія не только 4000 саж. но и глубже 5000 саж. Такъ, вдоль Курильскихъ о-вовъ расположена котловина болѣе 4000 с. глубиною, а между Маріанскимъ и Каролинскимъ архипелагами и вдоль

---

*) Подводнымъ хребтомъ или возвышенностью мы будемъ называть подъемы дна среди океанскаго ложа, погруженные подъ уровнемъ океана менѣе 2000 саж., а котловиною — замкнутую низменность на глубинѣ большей 3000 саж. или же болѣе 2000 саж., если окружающія ихъ глубины менѣе 2000 саж.

восточной окраины группы Тонга и Кермадекъ котловины глубже 5000 саж. У Курильскихъ о-вовъ наибольшая глубина 4651 саж., у Маріанскихъ, южнѣе немного о-ва Гуамъ, 5269 саж., а у Кермадекъ 5115 саж. Глубина 5269 саж., измѣренная военнымъ судномъ С.-Ам. Соед. Шт. „Nero“ въ 1899 г., представляетъ пока наибольшую глубину не только для Тихаго океана, но и для всего океаническаго міра.

Всѣ эти глубочайшія впадины земной коры замѣчательны тѣмъ, что онѣ расположены несимметрично въ отношеніи окраинъ океанскаго ложа, подобно тому, какъ высочайшіе горные хребты на материкахъ не занимаютъ на послѣднихъ центральнаго положенія. Всѣ вышеуказанныя впадины прилегаютъ однимъ склономъ къ островамъ или подводнымъ возвышенностямъ, усложняя этимъ до нѣкоторой степени рельефъ океанскаго дна и увеличивая его покатость. Однако однообразіе океанскаго рельефа нарушается еще въ большей степени подымающимися съ большой глубины океаническими островами и подводными возвышенностями, мѣстами не доходящими лишь немного до уровня моря. Тамъ, гдѣ больше разсѣяно океаническихъ острововъ, какъ напр. въ югозападной части Тихаго океана, тамъ и рельефъ дна сложнѣе.

Подробнѣе всего промѣренъ С. Атлантическій океанъ, и потому объ немъ можно сказать нѣсколько болѣе, чѣмъ о другихъ океанахъ.

Въ Атлантическомъ океанѣ (кар. 4) почти по серединѣ тянется довольно узкою полосою подводная возвышенность на глубинѣ 1500—2000 саж., идя въ общемъ параллельно берегамъ Стараго и Новаго Свѣта, отъ Исландіи до Тристанъ д'Акунья; на этой возвышенности, обнаруживающей явные слѣды вулканической дѣятельности, расположены Азорскіе о-ва и о-ва Св. Павла и Вознесенія.

Этою возвышенностью ложе океана дѣлится на два русла—восточное и западное. Западное русло глубже восточнаго, имѣя

котловины *) болѣе 4000 саж., именно: 1) Вестъ-Индская котловина съ наибольшею глубиною 4561 саж. (максим. для всего Атлантическаго ок.), 2) Бразильская, съ глубиною въ южной части 3280 саж. и въ сѣверной 4030 саж., подходящей почти вплотную у экватора къ срединной возвышености океана и 3) Ньюфаундлендская, южнѣе банки того же имени, съ наибольшею глубиною 3340 саж. Западное русло, огибая Ньюфаундлендъ и подходя къ Дэвисову проливу, уменьшается постепенно въ глубинѣ и только по серединѣ Баффинова залива обнаружена глубина свыше 2800 саж., хотя эта послѣдняя еще подлежитъ сомнѣнію [60]). Въ восточномъ руслѣ отдѣльныя небольшія котловины немногимъ превышаютъ 3000 саж. Такъ, вблизи Мадейры и Канарскихъ о-вовъ котловина около 3400 саж., у о-вовъ Зеленаго мыса 3100—3200 саж. и наконецъ у о-ва Св. Елены 3100 саж. Кромѣ срединной продольной возвышенности, въ ложѣ Атлантическаго океана обнаружены обособленныя банки, круто подымающіяся со дна океана и лишь немного не доходящія до его уровня. Особенно богата такими банками сѣверо-восточная часть ложа. Между Мадейрою, Португаліею и Марокко изъ глубины $1\frac{1}{2}$—2 тыс. саж. подымаются нѣкоторыя банки до глубины меньшей 100 саж. со среднимъ склономъ къ океанскому ложу въ 20°—27°. Между Европою и Америкою въ полосѣ 40°—53° с. ш. также рядъ банокъ и возвышенностей, и, по замѣчанію Пенка, рельефъ дна здѣсь обнаруживаетъ лишь немного меньшіе склоны, чѣмъ въ томъ же поясѣ поверхность Средней Европы.

Весьма крутые склоны представляютъ подводные пьедесталы острововъ. У Багамскихъ о-вовъ уголъ ската отъ 8° до 38°, у Бермудскихъ 23°—34°, Св. Ѳомы (Гвинейскій зал.) 21°—

*) Котловинамъ принято давать особыя названія, по имени промѣрявшаго судна или по имени извѣстныхъ океанографовъ; такъ какъ въ этомъ отношеніи не установлена пока однообразная номенклатура, то на приложенныхъ здѣсь картахъ мы не ввели существующихъ названій, а только въ текстѣ, для болѣе легкой оріентировки, приводимъ названія мѣстностей, вблизи которыхъ расположены котловины.

35°, у о-вовъ Принца 28° — 33°. Прибрежная полоса материковъ падаетъ болѣе отлого къ океанскому ложу, хотя и здѣсь мѣстами встрѣчаемъ большія покатости. Наиболѣе извѣстная покатость дна западнѣе Ирландіи на глубинѣ 150 — 200 с., считавшаяся когда то едва ли не самою крутою для океановъ, имѣетъ уголъ склона не болѣе 7°; но въ Бискайской бухтѣ, по даннымъ экспедиціи проф. Туле на „Caudan", на глубинѣ 200 саж. дно представляетъ настоящій утесъ; у Марокканскаго берега покатость 10°—11°, въ Гвинейскомъ заливѣ отъ Сіерра Леоне до Нигера мѣстами до 18° (м. Three Points). Болѣе отлого спускается прибрежье Сѣв. Америки; сѣвернѣе м. Гаттераса уголъ склона всего $3\frac{1}{2}°$ и только у Ньюфаундлендской мели обнаруживаются покатости 8° и болѣе.

Въ южномъ Атлантическомъ океанѣ заслуживаютъ вниманія банки „Enterprise" (31° юж. ш. 34° зап. дол.), подымающіяся среди глубинъ $2\frac{1}{2}$ — 3 тыс. саж. со склономъ 4 — $5\frac{1}{2}°$ и не доходящія до уровня океана лишь на 350 саж., при чемъ глубина между банками 1000 саж.

Южнѣе Тристанъ д'Акунья оба русла океана составляютъ одно ложе, соединяющееся съ ложемъ Индійскаго и Тихаго океановъ и включающее большую котловину, примыкающую къ Антарктидѣ. Въ этой котловинѣ промѣры „Valdivia" въ 1899 г.[61]) обнаружили глубины около 3100 саж. а Дж. Россъ во время экспедиціи 1839 — 43 гг. не досталъ дна даже глубинѣ 4000 саж. Послѣдняя однако глубина отмѣчена нами на картѣ вопросительнымъ знакомъ, такъ какъ способъ измѣренія большихъ глубинъ во времена Росса нельзя считать надежнымъ.

Индійскій океанъ (кар. 5) въ восточной части имѣетъ дно почти равниннаго характера; небольшія котловины южнѣе Зондскихъ о-вовъ съ наибольшею глубиною для всего океана 3394 саж. и южнѣе Австраліи съ глубинами лишь нѣсколько болѣе 3000 саж. почти не нарушаютъ однообразнаго характера ложа, а подъемъ дна его къ высокимъ южнымъ широтамъ идетъ довольно постепенно.

Въ западной же части океана ложе пересѣкается подводною возвышенностью, идущею отъ сѣверной оконечности Мадагаскара къ Сейшельскимъ островамъ; на этой возвышенности расположены кромѣ Сейшельскихъ о-вовъ, Коморенскіе Амирантскіе, Сайя де Маля-Банкъ и Назаретъ. Острова Реніонъ и Маврикія находятся на одномъ плато, тогда какъ о-въ Родригецъ отдѣляется отъ послѣднихъ глубинами свыше 2000 саж. Группа Чагосъ окружена также глубинами около $2^1/_2$ тыс. саж. Цѣлый рядъ банокъ, окружающихъ упомянутые острова, представляетъ какъ бы рядъ подводныхъ атолловъ, съ углубленіемъ по серединѣ и съ приподнятыми краями; такъ, банки Чагосъ имѣютъ глубину по краямъ 5 саж., а по серединѣ 30—40 саж., Сайя де Маля по краямъ 8—15 саж., а въ серединѣ 50 саж. и т. д.

Крутизна подводныхъ покатостей у океаническихъ острововъ столь же велика, какъ и въ Атлантическомъ океанѣ: напр. у о-вовъ Рождества уголъ склона къ 1000 саж. глубинѣ 35°, у Кокосовыхъ (Келингъ) о-вовъ — 48°.

На востокѣ ложе Индійскаго океана отдѣляется отъ ложа Тихаго мелководьемъ вдоль группы Зондскихъ острововъ и подводною возвышенностью на меридіанѣ Тасманіи. Такимъ образомъ, послѣдній меридіанъ, считаемый уже давно географами условною границею водъ Индійскаго и Тихаго океановъ, служитъ на самомъ дѣлѣ раздѣльною линіею ложа обоихъ океановъ.

Тихій океанъ въ большей своей части, внѣ группъ острововъ, имѣетъ однообразный рельефъ дна, обнаруживая лишь мѣстами глубины нѣсколько болѣе 3000 саж., или нѣсколько меньше 2000 саж. Всѣ выдающіяся по своей огромной глубинѣ котловины, указанныя уже выше (стр. 396), лежатъ по окраинамъ острововъ, и только какъ исключеніе представляетъ Перуанско-Чилійская котловина съ наибольшею впадиною у береговъ Чили въ 4100 саж.

Въ островныхъ частяхъ океана встрѣчаемъ рядъ подводныхъ хребтовъ, чередующихся съ большими впадинами. Къ

югу отъ Курильской котловины тянется подводный хребетъ, на которомъ расположены о-ва Бонинъ и Маріанскіе; между послѣдними и Каролинскимъ архипелагомъ дно круто обрывается, образуя глубочайшую изъ всѣхъ извѣстныхъ океанскихъ впадинъ. „Challenger“ нашелъ здѣсь въ одномъ мѣстѣ глубину 4575 саж. „Albatross“ нѣсколько восточнѣе измѣрилъ въ 1899 г. глубину 4812 саж., а „Nero„ въ 70 миляхъ на OSO отъ о-ва Гуамъ (южной изъ Маріанскихъ) — 5269 саж. Далѣе, отъ Каролинскаго архипелага идетъ подводная возвышенность, на глубинѣ 1—2 тыс. саж. соединяющаяся съ подводнымъ пьедесталомъ Новой Гвинеи и почти всѣхъ острововъ Полинезіи до Новой Зеландіи, Кермадекъ, Тонга Самоа и Джильберта и переходящая лишь между нѣкоторыми островами въ котлообразныя низменности около $2^1/_2$ тыс. глубины. Восточная окраина возвышенности у Кермадекъ, Тонга и Самоа круто спускается къ котловинѣ съ впадинами болѣе 4—5 тыс. саж. Юго-восточнѣе послѣдней опять обособленная возвышенность на глубинѣ меньшей 400 саж.

Такимъ образомъ, дно западной части Тихаго океана представляетъ не менѣе, если и не болѣе разнообразный рельефъ, чѣмъ дно Сѣв. Атлантическаго океана. Покатости дна у острововъ, особенно у коралловыхъ, необыкновенно велики; напр. у Таити склонъ мѣстами до 70°. Изъ подводныхъ материковыхъ склоновъ наибольшій у Чили, около 10°—11°.

Сѣверный Ледовитый океанъ (кар. 1), благодаря подводному хребту на сѣверѣ Атлантическаго океана и мелководью Берингова пролива, получаетъ характеръ совершенно изолированнаго морского бассейна, наподобіе внутренняго средиматериковаго моря, съ котловинами 2 тыс. саж. или нѣсколько болѣе 2 тыс. саж. Одна котловина съ наибольшею глубиною 2000 саж. занимаетъ середину Сѣвернаго Европейскаго моря; другая въ 2650 саж. между Шпицбергеномъ и Гренландіею, и третья, измѣренная Нансеномъ, около 2000 саж. на меридіанѣ р. Лены на парал. 80° с. ш. Эти котловины окаймлены подводною воз-

вышенностью, включающей Баренцсовое море (глуб. не болѣе 200 с.), сибирское мелководное море, составляющее какъ бы подводное продолженіе Сибирской низменности, и арктическій архипелагъ сѣверной Америки.

Южный Ледовитый океанъ (кар. 2), исключая упомянутой на стр. 398 котловины Росса на южномъ полярномъ кругѣ, представляетъ характеръ равнины на глубинѣ около $1^1/_2$ тыс. саж., подымающейся къ антарктическому материку.

Что касается рельефа дна отдѣльныхъ морей, то дно нѣкоторыхъ изъ нихъ составляетъ какъ бы продолженіе океанскаго ложа, какъ, напр. Бискайскій зал. (2700 саж.) Аравійское море (2170 с.), Бенгальскій зал. (2100 с.), Калифорнскій зал. (1400 с.) и Берингово море, глубокое только въ южной части (1500 с.). Остальныя моря представляютъ обособленныя котловины, отдѣленныя отъ океанскаго ложа подводными возвышенностями, надъ которыми глубина нигдѣ не достигаетъ 1000 саж.

Нижеслѣдующія моря отличаются океанскими глубинами, именно, глубже 2—3 тысячъ саж.:

1) Американское море, включающее: а) Карибское, отдѣленное отъ океанскаго ложа рядомъ подводныхъ пороговъ въ проливахъ между островами, изъ которыхъ наиболѣе глубокій между Кубою и Гаити 710 саж. Море это раздѣляется на двѣ котловины — юго-восточную, съ наибольшею глубиною 2840 саж., и сѣверо-западную съ впадиною 3430 саж.; послѣдняя ограничена съ одной стороны подводною возвышенностью на глубинѣ около 500 саж. между м. Gracias a Dios и Ямайкою и расположенными на ней банками Rosalind, Pedro и др., а съ другой—примыкаетъ къ о-ву Большой Кайманъ, склонъ отъ котораго достигаетъ $9^1/_2°$; б) Мексиканскій заливъ съ впадиною 2120 саж., отдѣленною отъ океана порогомъ во Флоридскомъ проливѣ глубиною 520 саж.; подводные склоны вблизи Юкатана и Флориды составляютъ въ среднемъ отъ 4° до $9^1/_2°$.

2) Средиземное море, отдѣленное отъ океана подводнымъ порогомъ въ Гибралтарскомъ проливѣ (глуб. 100—200 саж.) и раздѣляемое подобнымъ же порогомъ между Сициліею и м. Бонъ (Африка) на два бассейна, западный и восточный. Западный бассейнъ, съ глубинами въ общемъ около $1^1/_2$ тыс., саж. имѣетъ наибольшую выемку въ 2037 саж. между Сардиніею и юго-зап. берегомъ Италіи. Подводное соединеніе между Сардиніею — Корсикою и ближайшимъ берегомъ Италіи лежитъ на глубинѣ около 100 саж., но между Балеарскими о-вами и Испаніею нѣсколько глубже 250 саж. Въ восточномъ бассейнѣ глубины больше, чѣмъ въ западномъ; наибольшая выемка 2400 саж. юго-западнѣе м. Матапана (въ 50 миляхъ). Кандія окружена глубинами болѣе 1000 саж. и подобныя же глубины примыкаютъ къ Кипру. Подводные склоны вблизи Сиракузскихъ банокъ достигаютъ 21°, также и около Кандіи.

3) Моря Австралійско-Азіатскаго архипелага: а) Банда, между о-вами Целебесъ, Амбуанъ, Серама и Тиморъ, съ наибольшею глубиною 3110 саж., отдѣлено отъ океана рядомъ подводныхъ возвышенностей не глубже 870 саж.; б) Целебесское, съ наибольшею глубиною 2740 саж., отдѣлено отъ океана порогомъ на глубинѣ около 900 саж.; в) Сулу или Миндоро, отдѣленное отъ океана порогомъ на глубинѣ 400 саж., имѣетъ наибольшую выемку въ 2550 саж. и г) Южно-Китайское, съ наибольшею глубиною 2100 саж., отдѣлено отъ океана подводною возвышенностью на глубинѣ около 800—900 саж.

Моря съ глубинами отъ 1000 до 2000 саж.: Японское съ наибольшею глубиною 1670 саж. и Красное—1170 саж.; оба отдѣлены отъ океана подводными порогами на глубинѣ менѣе 100 саж. Къ этой же категоріи морей по большой глубинѣ относится Черное море, входящее въ составъ средиземноморского бассейна. Это море, за исключеніемъ сѣв.-западной, мелководной части, представляетъ родъ котла съ равномѣрными глубинами болѣе 1000 саж. и наибольшею выемкою по серединѣ между Крымомъ и Анатолійскимъ выступомъ въ 1227 саж.

Покатость дна значительна у береговъ Крыма (4°) и у Анатоліи между Трапезундомъ и Батумомъ (10°), но болѣе всего у сѣвернаго Кавказскаго берега, у Геленджика, гдѣ склонъ дна достигаетъ 12°. Къ Керченскому проливу дно подымается, и въ самомъ проливѣ глубина около 3 саж., а затѣмъ въ Азовскомъ морѣ дно опять понижается, но всего до 8 саж. глубины. Босфоръ и Дарданеллы представляютъ подводные хребты, на глубинѣ максимумъ 50—60 саж., отдѣляющіе черноморскую впадину отъ ложа Мраморнаго моря (наиб. глуб. 767 саж.) и послѣднее отъ Эгейскихъ впадинъ (600—700 саж.), спускающихся холмообразно къ ложу средиземноморского бассейна. Подобнымъ же образомъ и дно Адріатическаго моря, при переходѣ отъ серединной выемки (870 саж.) къ ложу Средиземнаго моря подымается въ Отрантскомъ проливѣ саженъ на 300.

Всѣ остальныя изслѣдованныя моря, за исключеніемъ Охотскаго (глубины до 800 саж.), принадлежатъ къ мелкимъ морямъ *).

Балтійское море имѣетъ глубины большею частью менѣе 100 саж., только по обѣ стороны Готланда выемки—съ одной стороны (къ Швеціи) 180 саж., а съ другой (къ Курляндіи) 136 саж.

Нѣмецкое море мельче Балтійскаго; въ немъ глубины не достигаютъ въ общемъ 50 саж., увеличиваясь только на сѣверѣ и къ прибрежью Южной Норвегіи, вдоль котораго тянется рытвина съ наибольшею выемкою въ Скагерракѣ 440 саж. Южная и средняя части моря, независимо отъ малой глубины (20—30 с.), имѣютъ подводныя банки на глубинѣ 8—15 саж. (Доггеръ банка, Рыбныя банки и др). „Листъ писчей бумаги, говоритъ нѣмецкая комиссія, сравнительно толще по отношенію къ остальнымъ своимъ размѣрамъ, чѣмъ слой воды наполняющій Нѣмецкое море по отношенію къ его поверхности“. Нор-

*) Каспійское море имѣетъ двѣ впадины въ 410 саж. и 516 саж., раздѣляемыя подводнымъ порогомъ (глуб. 100 саж) между Апшеронскимъ полуостровомъ и Карабугазомъ.

вежская рытвина переходитъ на сѣверѣ къ ложу С. Европейскаго моря.

Бѣлое море имѣетъ наибольшую глубину до 210 саж. (въ Кандалакской губѣ), при выходѣ же въ океанъ всего 48 саж. Глубина Персидскаго залива около 50 саж.

Мелкія моря характеризуются вообще небольшими неровностями, и въ нихъ нѣтъ такихъ крутыхъ подводныхъ склоновъ, какъ въ глубокихъ моряхъ. Однако крутизна покатостей дна и въ послѣднихъ, подобно тому какъ и въ океанахъ, обнаруживается лишь у прибрежій материковъ или острововъ, тогда какъ огромныя пространства открытаго моря имѣютъ довольно ровное, лишь слегка покатое дно.

Такимъ образомъ въ общемъ рельефъ дна океановъ и морей представляется въ видѣ изолированныхъ обрывистыхъ возвышенностей, раздѣляемыхъ обширными, почти равнинными низменностями.

Какъ велико сравнительно протяженіе послѣднихъ легко видѣть изъ слѣдующей таблички Дж. Мёррея [62]), дающей величины поверхности океановъ (безъ морей) между различными изобатами въ процентахъ общей площади океановъ.

Изобаты. Саж.	Атлантическій океанъ.	Индійскій океанъ.	Тихій океанъ.
0— 100	6,1	4,1	1,2
100— 500	4,0	3,3	1,6
500—1000	3,2	2,7	2,1
1000—2000	18,6	29,9	18,3
2000—3000	56,2	59,9	72,4
3000—4000	11,7	0,1	4,2
болѣе 4000 с.	0,2	—	0,2

Вычерченныя по этимъ даннымъ кривыя, называемыя батиграфическими кривыми, даютъ еще болѣе наглядное представленіе объ общемъ характерѣ океанскаго рельефа (кар. 4, 5 и 6).

Сопоставленіе высотъ суши и глубинъ моря и средній профиль земной коры.

Общія черты въ формахъ рельефа суши и морскаго дна. Поверхность суши представляетъ нѣсколько больше разнообразія, чѣмъ дно океановъ и морей. На сушѣ въ большинствѣ случаевъ даже на равнинахъ не трудно отмѣтить неровности почвы, съ господствующими на нихъ высотами, а гористыя мѣстности имѣютъ уже весьма крутые, часто почти отвѣс-

Чер. 189. Сѣченіе по параллели 35° сѣв. шир. (по Гейдериху).

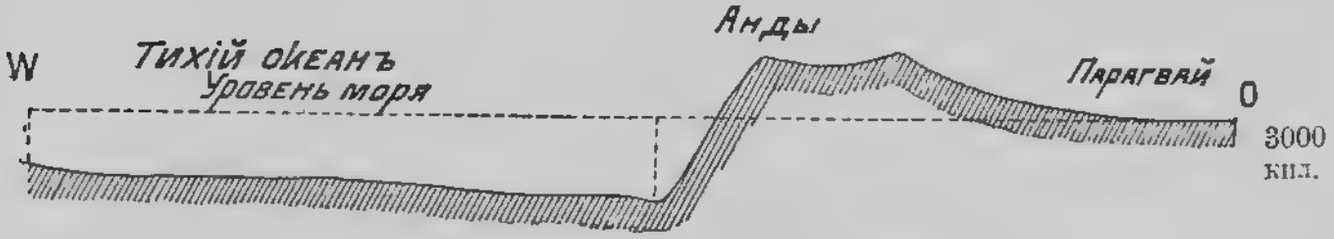
Чер. 190. Сѣченіе по параллели 35° сѣв. шир. (по Гейдериху).

ные обрывы, причемъ смѣна высотъ равнинами происходитъ на небольшихъ разстояніяхъ.

По даннымъ Зонкляра, покатости даже въ низкихъ горахъ составляютъ въ среднемъ отъ 10° до 15°, а въ высокихъ горахъ отъ 30° до 40°, тогда какъ такая покатость дна въ океанахъ и моряхъ встрѣчается, какъ мы видѣли, только у острововъ. Въ открытыхъ частяхъ океановъ покатости дна рѣдко достигаютъ 1° и почти нигдѣ не превышаютъ 3°.

Чертежи 189 и 190 представляютъ довольно наглядно изрѣзанность, такъ сказать, зубчатость поверхности суши и сглаженность морскаго дна. Причины такого различія легко объяснить себѣ дѣйствіемъ эрозіонныхъ силъ (вывѣтриваніе и размываніе) на сушу и отсутствіемъ ихъ вліянія на дно глубокаго моря. Именно, эрозія производитъ тѣ мелкія, рѣзкія неровности на поверхности почвы, которыя столь характерны для рельефа суши. Но, если исключить эту зубчатость, разсматривая ее лишь

Чер. 191. Сѣченіе черезъ колонію Викторія.



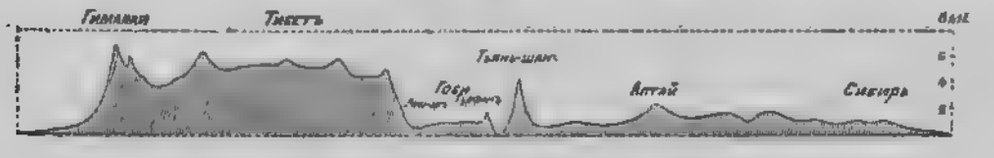
Чер. 192. Сѣченіе по параллели 20° южн. шир.

какъ второстепенное явленіе, и обратить вниманіе только на главнѣйшія формы рельефа, то нельзя не замѣтить много общаго въ рельефѣ суши и дна морей. Какъ изобаты, такъ и изогипсы (кривыя равныхъ высотъ) тѣснятся ближе всего къ прибрежной зонѣ континентовъ, и мѣстами склонъ прибрежныхъ высотъ даже менѣе крутъ, чѣмъ склонъ къ ложу океана, какъ напр. у береговъ Ю. Америки и Австраліи (чер. 191 и 192).

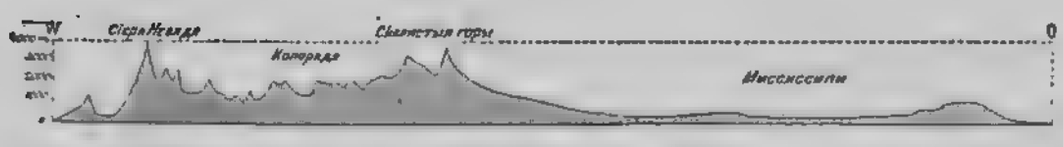
Самыя значительныя горныя системы на сушѣ спускаются съ одной стороны къ океанскому ложу, а съ другой къ обшир-

нымъ равнинамъ (чер. 193 и 194), также какъ и подводныя возвышенности океана граничатъ съ одной стороны наиболь-

Чер. 193. Сѣченіе по меридіану Лобъ-Нора и Турфана (вертикальный масштабъ увеличенъ въ 50 разъ).



3600 кил.



3930 кил.

Чер. 194. Сѣченіе по параллели 37° сѣв. шир. (вертикальный масштабъ увеличенъ въ 75 разъ).

шими впадинами, а съ другой переходятъ къ довольно ровному ложу (чер. 195), такъ что въ обоихъ случаяхъ является отсутствіе симметріи въ рельефѣ. Если, затѣмъ, вспомнимъ, что крутые склоны встрѣчаются и у океанскихъ банокъ, и что рельефъ дна наиболѣе изслѣдованнаго въ отношеніи глубинъ С. Атлантическаго океана въ общемъ не менѣе разнообразенъ,

1100 кил.

Чер. 195. Сѣченіе между параллелями 24° и 25° южн. шир. (вертикальный масштабъ увеличенъ въ 25 разъ).

чѣмъ поверхность Средней Европы, то нельзя не признать извѣстной общности въ созданіи крупныхъ изгибовъ земной коры на сушѣ и въ океанѣ.

Крупныя и главныя формы того и другого рельефа сложились, очевидно, подъ вліяніемъ однѣхъ и тѣхъ же силъ,

и эти силы — внутреннія силы земли, такъ какъ внѣшнія силы (эрозія) оказываютъ свое дѣйствіе только на поверхность суши и въ прибрежной, мелкой зонѣ морей. Слѣдовательно, тѣже тектоническіе процессы, которыми воздвигнуты высочайшія горныя системы на сушѣ, дѣйствовали съ одинаковою напряженностью и на морѣ, и также какъ на сушѣ, такъ и на морѣ, складки земной коры образовались большею частью несимметрично, имѣя одинъ бокъ крутой, а другой пологій; затѣмъ уже подъ вліяніемъ процессовъ размыванія и вывѣтриванія поверхность суши приняла въ частностяхъ болѣе разнообразныя и сложныя очертанія, чѣмъ дно океана.

Среднія и наибольшія глубины моря и высоты суши. Среднія и наибольшія величины глубинъ и высотъ даютъ намъ, между прочимъ, представленіе какъ о тѣхъ отклоненіяхъ, которыя обнаруживаетъ земная кора отъ формы элипсоида вращенія, такъ и о всей массѣ водъ земли и отношеніи ея къ сушѣ, выдвинутой надъ моремъ. До временъ Гумбольдта эти представленія имѣли вполнѣ гипотетическій характеръ. Лапласъ, исходя изъ своей теоріи приливовъ и связи между приливными движеніями и глубиною океановъ, вычислилъ для послѣднихъ среднюю глубину въ 1000 м. и считалъ, что одинакова съ нею должна быть и средняя высота суши. Гумбольдтъ первый вычислилъ (въ 1843 г.) среднюю высоту Европы, Азіи и Америки на основаніи дѣйствительныхъ ихъ профилей и нашелъ таковую 1000 ф. (307 м.). Юнгъ (Young) и Хюэль (Whewel) также, по примѣру Лапласа, пытались вывести среднюю глубину океана изъ приливныхъ наблюденій; полученныя ими числа (4800 м. и 5500 м.) оказываются уже болѣе близкими къ дѣйствительнымъ, чѣмъ выводы Лапласа. Среднюю глубину Тихаго океана опредѣляли также изъ наблюденій скорости распространенія волнъ, вызываемыхъ землетрясеніями; такъ, по землетрясеніямъ въ Арикѣ и въ Иквикѣ (Южная Америка) Пешель и Гохштетеръ опредѣлили среднюю глубину Тихаго океана 13100 ф. (4000 м.).

Первыя же вычисленія средней глубины моря на основаніи данныхъ промѣра были сдѣланы Пешелемъ (въ 1868 г.), но лишь для Сѣв. Атлантическаго океана, какъ единственнаго океана, котораго глубины были въ то время уже довольно хорошо извѣстны. Подобно Пешелю, Зупанъ вычислилъ среднюю глубину Тихаго океана въ 1878 г., а затѣмъ Крюммель [63]) въ 1879 г. вычислилъ среднія глубины всѣхъ океановъ и морей, пользуясь сравнительно уже богатымъ матеріаломъ, а спустя нѣсколько лѣтъ исправилъ нѣкоторыя вычисленія и получилъ среднюю глубину всѣхъ водъ круглымъ числомъ 10890 ф. (3320 м.).

Въ 1883 г. геологъ Лаппаранъ [64]) вычислилъ среднюю высоту суши 2120 ф. (646 м.) и среднюю глубину водъ почти 14000 ф. (4260 м.). Послѣ этого, начиная съ 1888 г., этимъ же вопросомъ занимаются [65]) Мёррей (1888 г.), Пенкъ и Зупанъ (1889 г.), Тилло (1889 г.), Гейдерихъ (1891 г.), Пенкъ (1893 г.), Карстенсъ (1894 г.) и Вагнеръ (1895 г.). Одно перечисленіе уже столькихъ однородныхъ работъ, произведенныхъ въ сравнительно короткій промежутокъ времени, показываетъ, что намъ приходится въ данномъ вопросѣ считаться съ весьма разнообразными результатами. Такое разнообразіе обусловливается главнымъ образомъ отсутствіемъ выработки наиболѣе цѣлесообразнаго метода вычисленій и различіемъ масштаба и достоинства картъ, приводящихъ къ неодинаковой степени точности измѣреній.

Методы вычисленій среднихъ глубинъ морей, примѣнимые, конечно, одинаково и къ опредѣленію средней высоты материковъ, имѣемъ слѣдующіе: а) планиметрическій способъ, б) вычисленіе по профилямъ и в) опредѣленіе средней глубины по квадратнымъ зонамъ.

а) Планиметрическій способъ состоитъ въ опредѣленіи величины площадей между различными ступенями глубинъ (между изобатами) посредствомъ планиметра, или же путемъ накладыванія на карту изобатъ прозрачной бумаги или прозрачной роговой

пластинки, раздѣленной на квадратные дюймы и доли ихъ (или миллиметры) и счета квадратиковъ между изобатами. Получивъ тѣмъ или инымъ способомъ площади отдѣльныхъ ступеней (между 0 и 100 саж. изобатою, 100—500 саж., 500—1000 саж. и т. д.), опредѣляютъ объемъ океана и, раздѣляя послѣдній на сумму площадей отдѣльныхъ ступеней, получаютъ среднюю глубину.

Для опредѣленія объема океановъ не существуетъ точныхъ пріемовъ, такъ какъ формы дна ихъ, равно какъ и формы материковъ, не подходятъ подъ извѣстныя правильныя геометрическія фигуры, а примѣненіе правила Симпсона встрѣчаетъ затрудненія въ недостаточномъ нашемъ знакомствѣ съ этою формою во всѣхъ ея деталяхъ. Правило Симпсона можетъ быть примѣнимо только для небольшихъ, подробно изслѣдованныхъ участковъ при близкихъ равноотстоящихъ изобатахъ. Для океановъ и материковъ приходится, очевидно, исходить изъ какого-либо предположенія относительно формы той или другой ступени или же довольно произвольно оцѣнивать среднія высоты отдѣльныхъ ступеней. Такъ: 1) принимаютъ отдѣльныя ступени за призмы съ трапеціоннымъ сѣченіемъ или за усѣченные конусы, а послѣднюю ступень за пирамиду или конусъ (вершины горъ) или за шаровой сегментъ (горныя плато и впадины моря), и соотвѣтственно этому вычисляютъ объемы по формуламъ геометріи; 2) площади между изобатами умножаютъ на среднія глубины соотвѣтственныхъ ступеней, принимая каждый разъ эту глубину равную средней арифметической изъ глубинъ изобатъ, ограничивающихъ данную ступень; подобнымъ способомъ пользовался Лаппаранъ, округляя среднія арифметическія до сотенъ, т. е. напр., между изобатами 200—500 м. онъ принималъ среднее = 300 м., между 500 и 1000 м. — 700 м. и т. д. 3) Представляя себѣ объемъ каждой ступени состоящимъ изъ объема цилиндра съ основаніемъ равновеликимъ площади ближайшей болѣе глубокой (или для суши болѣе высокой) изобаты и кольца съ треугольнымъ сѣченіемъ, пло-

щадь основанія котораго равна площади между ограничивающими его изобатами, вычисляютъ эти объемы, причемъ объемъ кольца получаютъ умноженіемъ площади его основанія на $^1/_2$ или $^1/_3$ или $^2/_3$ его высоты, т. е. разности разстояній между изобатами. Послѣдній пріемъ былъ употребленъ Мёрреемъ и Тилло, причемъ они пользовались коэфиціентомъ $^1/_3$ для суши и $^1/_2$ для первыхъ ступеней (отъ 0 до 100 и отъ 100 до 500 саж.) и $^2/_3$ для прочихъ ступеней моря. Основаніемъ такой разницы въ коэфиціентахъ служило предположеніе, что на сушѣ покатость склоновъ увеличивается по мѣрѣ поднятія въ гору, а на морѣ она уменьшается съ глубиною. 4) По горизонтальной линіи абсциссъ откладываютъ въ избранномъ масштабѣ величины $g_1, g_2, g_3 \ldots$ равныя площадямъ между изобатами, а на ординатахъ $h_1, h_2, h_3 \ldots$ соотвѣтственныя глубины (или высоты) и, соединивъ вершины ординатъ согласною кривою, представляющею идеальную профиль, опредѣляютъ планиметромъ площадь начерченнаго профиля (пріемъ Пенка), величина которой и представитъ искомый объемъ.

Всѣ изложенные способы имѣютъ тотъ главный недостатокъ, что въ нихъ предполагается нѣкоторая правильность въ склонахъ между ступенями и не принимаются вовсе въ расчетъ особенности рельефа, а пріемъ Мёррея и Лаппарана является даже нѣсколько произвольнымъ. Лучшимъ изъ этихъ способовъ при изобатахъ неравноотстоящихъ надо признать четвертый способъ.

б) Способъ опредѣленія средней глубины по профилямъ состоитъ въ томъ, что на параллеляхъ черезъ каждые, напр., 5° по широтѣ вычерчиваютъ дѣйствительную профиль дна моря (и поверхности суши), опредѣляютъ затѣмъ среднюю глубину на каждомъ профилѣ, раздѣляя его площадь на длину; по среднимъ глубинамъ профилей вычисляютъ среднюю глубину всего океана. Подобный пріемъ былъ впервые употребленъ для материковъ Гумбольдтомъ, а въ послѣднее время этимъ пріемомъ пользовался Гейдерихъ. Вычисленіе объемовъ каждыхъ двухъ

сосѣднихъ водныхъ поясовъ Гейдерихъ производилъ по нѣсколько измѣненной формулѣ Симпсона, именно:

$$V = \frac{h}{6}(g_1 + 4g_2 + g_3),$$

гдѣ g_1, g_2, g_3 площади трехъ сосѣднихъ профилей и h разстояніе между крайними профилями. Относительно пріема Гейдериха надо замѣтить, что онъ, очевидно, основывается на предположеніи, что средній профиль является какъ бы типичнымъ для всего пояса между крайними профилями, между тѣмъ какъ на самомъ дѣлѣ онъ можетъ быть далеко не такимъ. Затѣмъ, вообще примѣненіе формулы Симпсона, какъ сказано уже выше, при большихъ разстояніяхъ между профилями далеко не надежно.

Методъ профилей, вводя въ исчисленіе дѣйствительный рельефъ каждаго моря, хотя и не на всѣхъ разрѣзахъ, долженъ давать, однако, результаты болѣе близкіе къ дѣйствительнымъ, чѣмъ планиметрическій способъ.

в) Третій способъ состоитъ въ опредѣленіи для небольшихъ участковъ (напр., квадратиковъ въ 1°, 2°, 5° или другой формы полей) средней глубины, вычисляя ее какъ среднюю арифметическую изъ всѣхъ извѣстныхъ на участкѣ глубинъ; умножая затѣмъ площадь каждаго участка на его среднюю глубину и складывая всѣ произведенія, получаютъ объемъ океана, а по раздѣленіи послѣдняго на площадь — среднюю глубину океана. Такъ, если, напр., для каждаго пятиградуснаго поля вычислена средняя глубина t и площадь f, то средняя глубина T всего бассейна получится изъ выраженія

$$T = \frac{\Sigma(f \cdot t)}{\Sigma f}.$$

Этотъ пріемъ впервые былъ употребленъ Пешелемъ для Сѣв. Атлантическаго океана, а затѣмъ Крюммелемъ и Карстенсомъ для всѣхъ океановъ и морей. Этотъ способъ безусловно хорошъ въ тѣхъ случаяхъ, когда имѣется весьма подробный

промѣръ, при маломъ же числѣ измѣренныхъ глубинъ и крайне неровномъ днѣ все же безъ разныхъ предположеній обойтись нельзя. Этотъ способъ имѣетъ, впрочемъ, то преимущество передъ остальными, что въ случаѣ пополненія картъ новыми промѣрами не приходится при вычисленіи новой средней глубины океановъ производить всю работу снова, но достаточно лишь перевычислить участки, пополненные новыми промѣрами.

Уже изъ вышеизложеннаго обзора методовъ вычисленія среднихъ глубинъ и высотъ достаточно можно судить, насколько еще нельзя ожидать точныхъ свѣдѣній по этому вопросу. Если же принять во вниманіе, что различные методы приводятъ къ различнымъ результатамъ и что большая часть имѣющихся по настоящее время выводовъ получена по разнымъ методамъ, различнымъ картамъ и при разныхъ предположеніяхъ относительно неизвѣстныхъ полярныхъ областей, и что нѣкоторые изъ этихъ выводовъ не свободны даже отъ вычислительныхъ ошибокъ, то легко понять, какъ должны быть разнообразны эти выводы. Такъ, мы имѣемъ изъ новѣйшихъ опредѣленій крайнія наибольшія и наименьшія величины: а) для средней высоты суши 2440 ф. (744 м.)*) и 2120 ф. (646 м.)**), и б) для средней глубины океановъ и морей 13980 ф. = 2330 саж. (4260 м.)**) и 10890 ф. = 1815 с. (3320 м.)***). Вагнеръ, разобравъ критически всѣ новѣйшія работы по этому вопросу, находитъ, что среднія высоты отдѣльныхъ материковъ нуждаются еще въ новыхъ, болѣе подробныхъ, изслѣдованіяхъ, пока же можно принять среднюю высоту всѣхъ материковъ круглымъ числомъ около 2300 ф. (700 м.)****) съ ошибкою не болѣе 5%, а среднюю глубину всѣхъ водъ 11480 ф. = 1913 саж. (3500 м.) съ ошибкою менѣе 5%; послѣдняя

*) По вычисленіямъ Гейдриха.

**) Вычисленіе Лаппарана.

***) Вычисленіе Крюммеля (1883).

****) Ближе всего подходитъ къ опредѣленіямъ Пенка (705) и Тилло (693).

представляетъ нѣсколько округленное Вагнеромъ опредѣленіе Карстенса (3496 м.).

Приведемъ здѣсь таблицу среднихъ глубинъ отдѣльныхъ океановъ и морей (по Карстенсу), а также наибольшихъ глубинъ, измѣренныхъ до 1900 г.

Океаны и моря.	Средняя глубина. Саж. (метры).	Наибольшая глубина. Саж. (метры).
Тихій (60° с. ш. — 66½° ю. ш.)	2233 (4083)	5269 (9640)
Индійскій (25° с. ш. — 66½° ю. ш.)	1998 (3654)	3400 (6205)
С. Атлантическій (66½° с. ш. — экв.)	2047 (3743)	4561 (8340)
Ю. Атлантическій (экв. — 66½° ю. ш.)	2067 (3780)	4030 (7370)
Весь Атлантическій океанъ	2058 (3763)	—
Всѣ три океана	2134 (3902)	—
С. Ледовитый (сѣв. пол. поясъ)	447 (818)?	2650 (4845)
Ю. Ледовитый (юж. пол. поясъ)	820 (1500)?	4000?
Сіамскій заливъ	25 (45)	
Зондскій архипелагъ	446 (816)	
Зулу и Целебесъ	1101 (2014)	2740 (5010)
Карпентарія зал.	23 (42)	
Ю. Китайское море	584 (1068)	2100 (3840)
Вост. Китайское море	74 (136)	
Японское	602 (1100)	1670 (3060)
Охотское	695 (1271)	
Берингово	607 (1100)	1500 (2740)
Калифорнскій зал.	540 (987)	1400 (2560)
Андаманское	434 (794)	
Персидскій зал.	19 (35)	
Красное море	252 (461)	1170 (2140)
Карибское м. (сѣв. ч.)	1457 (2664)	3430 (6270)
Карибское (южн. ч.)	1375 (2514)	
Мексиканскій зал.	851 (1556)	2120 (3880)
Багамское море	616 (1127)	
Средиземное м. (зап. ч.)	881 (1612)	
» Іоническое море	885 (1618)	2400 (4400)
» Левантское море	793 (1451)	
» Адріатическое море	133 (244)	
Черное и Азовское	610 (1116)	1227 (2244)
Англійскій каналъ	30 (54	
Ирландско-Шотландское море	37 (68)	
Нѣмецкое море	48 (89)	
Балтійское (со Скаг. и Кат.)	36 (67)	
Заливъ Св. Лаврентія	70 (128)	
Гудзоновый зал.	70 (128)	
Всѣ средиземныя моря	580 (1060)	
Всѣ прибрежныя моря	453 (829)	

По вычисленіямъ Карстенса средняя глубина всѣхъ океановъ и морей 1912 саж. (3496 м.), но если исключить Южный Ледовитый океанъ и неизслѣдованную область Сѣв. Ледовитаго океана, то средняя глубина всѣхъ водъ получается 1976 саж. (3613 м.). Принимая среднюю глубину водъ 1912 саж., какъ наиболѣе вѣроятную, Карстенсъ считаетъ наибольшее отклоненіе отъ этой величины ± 74 саж., т. е. не болѣе 4%, слѣдовательно, средняя глубина водъ можетъ считаться пока точнѣе опредѣленною, чѣмъ средняя высота материковъ.

Средняя глубина водъ, какъ видимъ, въ 5 разъ больше средней высоты материковъ. Изъ вычисленій же Карстенса получаемъ:

1) Изъ океановъ наиболѣе глубокій въ среднемъ выводѣ Тихій океанъ, а изъ морей — средиземныя моря, именно Карибское море; 2) средняя глубина океановъ почти въ 4 раза больше средней глубины средиземныхъ и прибрежныхъ морей.

Карстенсъ вычислилъ также среднія глубины поясовъ между различными параллелями; подобные же выводы не только для водныхъ бассейновъ, но и для среднихъ высотъ суши, даетъ и Тилло. Комбинируя тѣ и другія данныя, находимъ, что наибольшія среднія высоты суши и глубины океановъ расположены въ поясахъ 20°—40° сѣв. шир. и 10°—30° юж. шир., слѣдовательно, въ этихъ поясахъ тектоническія силы произвели самыя крупныя неровности въ рельефѣ земной коры.

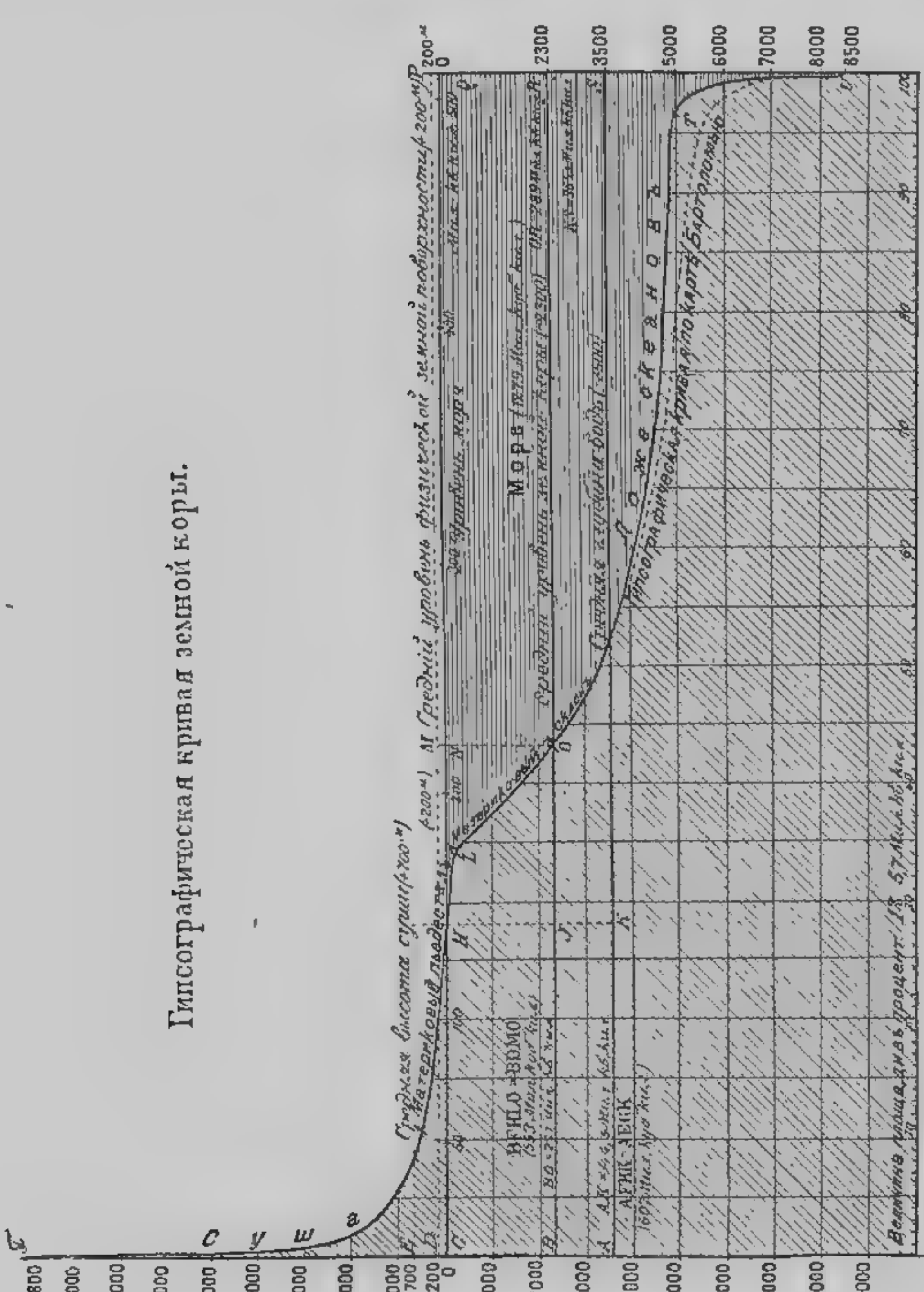
Средній профиль земной коры. Вычисленіе площадей различныхъ ступеней суши и моря даетъ возможность представить графически средній профиль земной коры, или такъ называемую гипсографическую кривую земной коры. Для полученія такой кривой откладываютъ въ нѣкоторомъ масштабѣ площади ступеней, выраженныя въ процентахъ, по оси абсциссъ, и въ тоже время высоты и глубины, ограничивающія ступени, принимаютъ за ординаты, и концы послѣднихъ соединяютъ согласною кривою. Первая такая кривая была вычерчена Ланпараномъ; послѣдовавшія затѣмъ вышеупомянутыя нами новѣйшія опредѣленія протяженія различныхъ ярусовъ высотъ и глу-

бинъ даютъ кривыя, подобныя въ общемъ кривой Лаппарана, и разница получается только въ частностяхъ. Сопоставленіе Пенкомъ данныхъ Лаппарана и Мёррея даетъ наибольшую разницу въ 9,4% въ поясѣ глубинъ около 3000 саж. (отъ 5 до 6 кил.); вычисленія Лаппарана и Мёррея исполнены по разнымъ картамъ, и это главная причина разногласія между ними. Вагнеръ, сравнивая вычисленія Пенка по Мёррею и Тилло и введя еще въ исчисленіе гипотетическую антарктиду и неизвѣстную арктическую область, сводитъ наибольшую разницу въ томъ же поясѣ глубинъ до 2,6%. Исходя изъ нѣкоторыхъ предположеній относительно соотношенія площадей профилей суши и моря и ихъ объемовъ выше и ниже уровня моря и средней линіи высотъ и глубинъ, Вагнеръ измѣняетъ нѣсколько числа Тилло и даетъ для гипсографической кривой слѣдующую табличку:

Ступени, метры (футы).		Площадь въ % (мил. кв. килм.) всей поверхности земли.	
Высота выше	2000 (6560)	2,0	(10,2)
„ отъ	1000—2000 (3280—6560)	4,0	(20,4)
„ „	200—1000 (656—3280)	12,3	(62,7)
„ „	0— 200 (0— 656)	10,0	(51,2)
	Суша	28,3	(144,5)
Глубины отъ	0— 200 (0— 656)	6,0	(30,6)
„ „	200—1000 (656— 3280)	3,2	(16,3)
„ „	1000—2000 (3280— 6560)	4,0	(20,4)
„ „	2000—3000 (6560— 9840)	6,5	(33,1)
„ „	3000—4000 (9840—13120)	13,0	(66,3)
„ „	4000—5000 (13120—16400)	36,0	(183,6)
„ „	5000—6000 (16400—19680)	2,1	(10,7)
	болѣе 6000 (19680)	0,9	(4,6)
	Моря	71,7	(365,6)

Отсюда видимъ, что на сушѣ малыя высоты занимаютъ почти $^3/_4$ всей ея поверхности, тогда какъ въ моряхъ преобладаютъ большія глубины; послѣднія занимаютъ почти 50% всей поверхности земли.

Всю сушу, отъ кульминаціонной ея точки F (чер. 196) до



Гипсографическая кривая земной коры.

Чер. 196.

линіи средней глубины *AS*, Вагнеръ называетъ материковымъ остовомъ (объемъ *AFHK* = объему *AEGK* = 144,5 × 4,2 = 607 мил. куб. килм.). Если срѣзать этотъ остовъ и распредѣлить его равномѣрно по всей земной поверхности, то выравненную такимъ путемъ поверхность земли называютъ среднимъ уровнемъ земной коры. Этотъ уровень можно принять для оріентировки вертикальнаго развитія коры; онъ находится выше линіи средней глубины на 3900 ф. (1190 м. = $\frac{607 \text{ мил. куб. кил.}}{510 \text{ мил. кв. кил.}}$), т. е. относительно настоящаго уровня моря на глубинѣ почти 7500 ф. (3500 — 1190 = 2310 м.).

Если же объемъ водъ (пов. водъ умноженная на среднюю глубину) распредѣлить по всей поверхности земли, то водная оболочка будетъ возвышаться надъ среднимъ уровнемъ коры на 8200 ф. (2509 м. = $\frac{365{,}6 \times 3{,}5}{510}$). Распредѣляя на всю поверхность земли сушу, выступающую надъ уровнемъ моря, получимъ (*DP*) средній уровень физической поверхности земли, высотою почти 700 ф. (200 м. = $\frac{144{,}5 \times 0{,}7}{510}$) надъ нынѣшнимъ уровнемъ моря.

Массу суши, заключающуюся между уровнями физической поверхности и земной коры (*BFHLO* = *BDMO* = 553 мил. куб. килм.), Вагнеръ называетъ континентальнымъ или материковымъ массивомъ.

Всѣ вышеприведенныя числа имѣютъ лишь относительное значеніе, такъ какъ нельзя сказать, чтобы вычисленія площадей и объемовъ различныхъ ступеней достигли желаемой степени точности.

Гипсографическая кривая обнаруживаетъ нѣсколько характерныхъ областей. Такъ, Мёррей и Пенкъ различаютъ три области: материковую (отъ высочайшей горы до 100 саж. (200 м.) глубины), абиссальную (обнимающую глубины морей болѣе 2500 м.) и переходную или актическую область съ крутымъ скатомъ отъ материковой области къ океанскому ложу.

Вагнеръ же считаетъ пять областей и даетъ для нихъ слѣдующіе размѣры:

	Площадь.		Средняя высота.	
	Проценты.	Мил. кв. килм.	Футы.	Метры.
1. Высочайшая область суши (выше +1000 м.)	6	31	+7200	+2200
2. Материковый пьедесталъ (отъ +1000 до —200 м.)	28,3	144	+800	+250
3. Материковый склонъ (отъ — 200 до —2300 м.)	9	46	—4300	—1300
4. Океаническое ложе (отъ —2300 до —5000 м.)	53,7	274	—13500	—4100
5. Область океаническихъ котловинъ (глубже 5000 м.) . .	3	15	—20000	—6000
Итогъ . . .	100	510	—7500	—2300

Современный уровень моря пересѣкаетъ материковый пьедесталъ по линіи, выше которой суша дѣлится на возвышенности и низменности, а ниже ея моря — на мелкія и глубокія. Послѣднія распространяются надъ океаническою областью и надъ материковымъ склономъ, тогда какъ мелкія моря могутъ разсматриваться, какъ затопленныя части материковой области, т. е. какъ современная трансгрессія моря; граница ихъ въ среднемъ выступаетъ какъ изломъ въ гипсографической кривой. Въ дѣйствительности граница мелкаго моря въ разныхъ мѣстахъ находится на различномъ разстояніи отъ берега и глубина на границѣ материковаго обрыва различна; у западныхъ береговъ Африки она 25 саж., а у зап. береговъ Европы 200 саж.

Разстояніе по вертикали высочайшей точки земной поверхности (вершина Гауризанкаръ въ Гималаяхъ, высота 29000 ф. = 8840 м.) до наиболѣе углубленной впадины океана (вблизи о-ва Гуамо 31620 ф. = 5270 саж. = 9640 м.), составляетъ круглымъ числомъ 17,3 версты (18,5 килм.), т. е. всего $\frac{1}{345}$ долю средней величины земнаго радіуса.

Наибольшія же впадины океановъ составляютъ всего около $\frac{1}{660}$ доли земного радіуса; эта величина столь мала въ сравніи съ протяженіемъ океановъ, что общій профиль океанскаго дна имѣетъ выпуклый, а не вогнутый видъ.

ГРУНТЪ ДНА ОКЕАНОВЪ И МОРЕЙ.

Классификація грунта. Грунтъ морского дна состоитъ изъ неорганическаго и органическаго матеріала. Источникомъ перваго служатъ разрушаемыя водою и атмосферою материковыя породы, метеориты и метеорная пыль, вулканическія изверженія и продукты ихъ, химически измѣненныя подъ вліяніемъ морской воды; органическія же отложенія доставляются многочисленными обитателями моря, какъ на поверхности, такъ и на глубинахъ и на днѣ его.

Въ неорганическихъ отложеніяхъ главную роль играютъ береговыя породы материковъ и острововъ, разрушаемыя волнами и разносимыя теченіями на большее или меньшее разстояніе отъ берега, и отчасти также продукты разрушенія материковыхъ породъ, приносимые рѣками, вѣтромъ и льдами и, наконецъ, вулканическіе продукты. Чѣмъ крупнѣе обломки, какъ напр. валуны, гальки, гравій, тѣмъ они ложатся ближе къ берегу, тогда какъ мелкія частички уносятся на большее разстояніе. Однако самыя тонкія минеральныя частицы уже

рѣдко встрѣчаются на разстояніи большемъ 300 миль по прямой линіи отъ берега. Въ то же время, по мѣрѣ удаленія отъ берега и увеличенія глубины, береговые обломки претерпѣваютъ значительныя измѣненія и мельчайшія частицы ихъ связываются глинистымъ веществомъ, образуя такъ называемый илъ.

Такимъ образомъ, береговая линія представляетъ обыкновенно накопленіе валуновъ, галекъ, гравія, затѣмъ глубже идетъ песокъ, а еще глубже илъ. Всѣ эти отложенія, наполняющія морское дно въ зонѣ ближайшей къ берегамъ, называютъ прибрежными отложеніями; въ составъ ихъ входитъ и масса органическихъ продуктовъ, но преобладающую роль все же играютъ береговые обломки, такъ что характеръ грунта въ каждомъ данномъ мѣстѣ зависитъ отъ состава породъ даннаго берега.

Ближайшую къ берегу полосу до глубины приблизительно 100 саж., занятую обыкновенно гальками, гравіемъ и пескомъ, называютъ песчаною зоною. Ширина и глубина этой зоны зависитъ отъ рельефа дна и силы дѣйствія волнъ и теченій. У крутого приглубаго берега галечникъ можетъ оказаться на значительной глубинѣ, но недалеко отъ берега, а у мелководнаго прибрежья и противъ устья рѣкъ ширина песчаной зоны можетъ имѣть значительные размѣры.

За песчаною зоною слѣдуетъ поясъ такъ называемаго континентальнаго ила, который бываетъ зеленаго, красноватаго и голубого или синеватаго цвѣта. Чаще всего въ прибрежной полосѣ материковъ встрѣчается голубой илъ, принимающій въ сухомъ видѣ цвѣтъ пепельно-сѣрый; онъ состоитъ изъ мелкихъ частицъ кварца, слюды, авгита, полевого шпата и другихъ минеральныхъ частицъ, связанныхъ глинистымъ веществомъ. Цвѣтъ ила происходитъ отъ примѣси органическихъ веществъ или отъ присутствія сѣрнистокислаго желѣза. Зеленый илъ, имѣющій въ сухомъ видѣ землистый или сѣровато-зеленый оттѣнокъ, отличается отъ голубого значительнымъ количествомъ глауконито-

выхъ зеренъ, образованныхъ по большей части скорлупками фораминиферъ, цвѣтъ же краснаго ила происходитъ отъ содержанія въ немъ въ большомъ количествѣ желѣзистой охры. Наибольшая глубина, на которой грунтъ дна состоитъ изъ голубого ила, 3 тыс. саж.; въ полярныхъ широтахъ этотъ илъ замѣняется сѣрою глиною, происходящей отъ скопленія обломковъ, приносимыхъ плавающими льдами. Въ предѣлахъ же голубого ила распространяется зеленый и красноватый, но впрочемъ глубина ихъ залеганія не превосходитъ 1200 саж.

У острововъ вулканическаго и коралловаго происхожденія прибрежныя отложенія носятъ особенный характеръ; вокругъ первыхъ преобладаютъ вулканическіе продукты, образующіе такъ называемый вулканическій песокъ и илъ чернаго или сѣровато-чернаго цвѣта, вокругъ же коралловыхъ острововъ — коралловый илъ и песокъ бѣлаго или розоватаго цвѣта, получающійся изъ обломковъ коралловъ и большаго или меньшаго количества аморфнаго известковаго вещества. Мѣстами около коралловыхъ прибрежій матеріаломъ для отложеній служатъ известковыя водоросли, преимущественно кораллины, и потому такія отложенія называютъ кораллиновымъ иломъ.

Вулканическіе продукты, независимо отъ прибрежныхъ отложеній вблизи вулканическихъ острововъ, имѣютъ также большое значеніе для свойства грунта глубочайшихъ океаническихъ впадинъ. Эти продукты доставляются въ значительной степени мѣстными подводными изверженіями, но они приносятся также и изъ отдаленныхъ мѣстъ изверженія, въ видѣ ли выбрасываемой вулканомъ на большую высоту пыли, разносимой верхними воздушными теченіями, или въ видѣ вулканической пемзы, которая при нѣкоторыхъ изверженіяхъ собирается въ огромномъ количествѣ на поверхности моря, разносится морскими теченіями и превращается большею частью также въ мелкій порошокъ, подобный воздушной пыли. Вулканическая пыль съ теченіемъ времени достигаетъ дна моря, присоединяясь къ остальнымъ отложеніямъ. Количество падающей на дно вулканической

пыли, конечно, не можетъ быть одинаково для различныхъ мѣстъ открытаго океана, но первенствующую роль она можетъ играть очевидно тамъ, гдѣ условія наименѣе благопріятны для отложенія другого матеріала. Въ этихъ же мѣстахъ пріобрѣтаетъ значеніе и выпаденіе пассатной и метеорной пыли; по крайней мѣрѣ, присутствіе мелкихъ магнитныхъ шариковъ, содержащихъ шреберзитъ, минералъ, встрѣчаемый только въ метеоритахъ, надо приписать выпаденію метеорной пыли. По изслѣдованіямъ Мёррея мельчайшія вулканическія зерна составляютъ главную часть отложеній самыхъ глубокихъ частей океана. Эти отложенія извѣстны подъ именемъ красной глины. Минеральныя ея частицы связаны аморфнымъ *) глинистымъ веществомъ (до 50% всей массы), окрашеннымъ въ бурый цвѣтъ окислами желѣза и марганца. По мнѣнію Мёррея, главная составная часть глины не что иное, какъ продуктъ химическаго разложенія вулканическихъ элементовъ. Въ красной глинѣ находятъ въ изобиліи слуховыя китовыя кости и зубы различныхъ акулъ и даже ископаемыхъ, неизвѣстныхъ въ современной фаунѣ, что по мнѣнію Мёррея указываетъ на чрезвычайную медленность отложеній красной глины; нуженъ большой промежутокъ времени, чтобы эти остатки могли скопиться въ огромномъ количествѣ. Подобные ископаемые зубы находятъ въ отложеніяхъ третичнаго періода, слѣдовательно, верхній слой красной глины доходитъ уже до этого періода.

Въ заключеніе о неорганическихъ отложеніяхъ морского дна слѣдуетъ еще добавить нѣсколько словъ о роли въ этихъ отложеніяхъ составныхъ частей морской воды. Непосредственное вліяніе послѣднихъ между прочимъ должно выражаться въ осолоненіи грунта и особенно въ доставленіи гипсоносности глинамъ, а затѣмъ въ химическихъ новообразованіяхъ, къ числу которыхъ принадлежатъ прежде всего вышеупомянутые окислы

*) Аморфнымъ веществомъ Мёррей называетъ минеральныя частицы измельченныя до такой степени, что распознать ихъ невозможно.

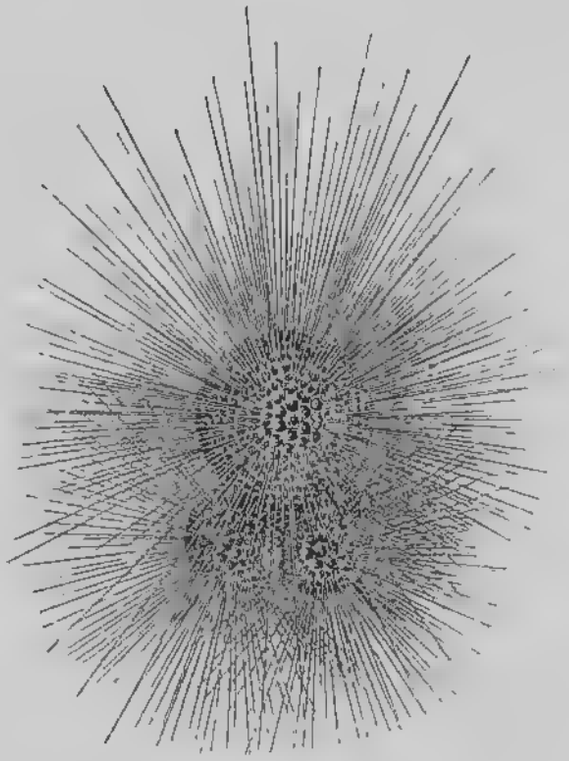
желѣза и марганца. Являясь, согласно Мёррею, результатомъ химическихъ измѣненій вулканическихъ элементовъ, они встрѣчаются въ небольшомъ количествѣ и на глубинахъ меньшихъ, чѣмъ тѣ, гдѣ происходитъ отложеніе красной глины. Также въ отложеніяхъ морского дна находятъ и нѣкоторые минералы (глауконитовыя зерна, желваки фосфорита, кристаллы цеолита), которые считаютъ результатомъ химическихъ новообразованій подъ вліяніемъ составныхъ частей морской воды. Наконецъ, въ исключительныхъ случаяхъ, при отдѣленіи отъ моря участка въ видѣ лимана, въ грунтѣ дна его могутъ имѣть мѣсто самоосадочныя соли, какъ напр. мы видимъ это въ Карабугазскомъ заливѣ (стр. 238), гдѣ на днѣ происходятъ отложенія глауберовой соли.

Органическій матеріалъ грунта океанскаго дна получается главнымъ образомъ отъ накопленія известковыхъ раковинъ и кремнистыхъ скелетовъ различныхъ микроскопическихъ первичныхъ животныхъ и водорослей. Эти накопленія съ примѣсью разложившихся вулканическихъ обломковъ образуютъ илъ, которому даютъ названіе въ зависимости отъ того, какіе организмы въ немъ имѣютъ преобладающее значеніе.

Наиболѣе распространеннымъ видомъ такого ила является глобигериновый илъ, состоящій главнымъ образомъ (до 64%) изъ известковыхъ частицъ преимущественно раковинъ мельчайшихъ фораминиферъ семейства Globigerinida. Цвѣтъ его молочно бѣлый, желтоватый, иногда отъ примѣси окисловъ желѣза и марганца болѣе или менѣе буроватый. Неорганическихъ отложеній въ этомъ илѣ содержится около $^1/_3$ всего состава, тогда какъ только 2% приходится на кремнистые организмы.

Глобигерины принадлежатъ къ организмамъ, живущимъ въ верхнихъ слояхъ моря, къ такъ называемому планктону; поверхность ихъ покрыта длинными известковыми иглами (чер. 197), которыя послѣ смерти обламываются, такъ что находимыя на днѣ глобигерины оказываются уже безъ иглъ.

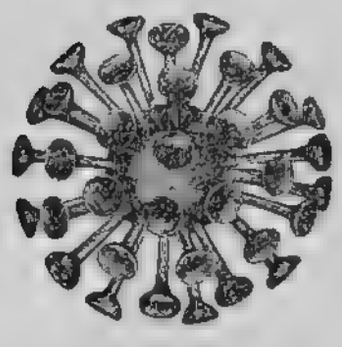
Глобигерины живутъ больше всего вдали отъ береговъ и въ теплыхъ тропическихъ моряхъ; теплыми морскими теченіями онѣ заносятся въ высшія широты, гдѣ, соприкасаясь съ холодными водами, умираютъ массами, какъ напр. на окраинѣ Гольфстрима, Куросиво, Игольнаго теченія. Послѣ смерти глобигерины падаютъ на дно, но, вслѣдствіе легкости скорлупокъ, паденіе ихъ происходитъ весьма медленно. По мѣрѣ погруженія скорлупки повидимому растворяются на большихъ глубинахъ дѣйствіемъ углекислоты, содержащейся въ морской водѣ; по крайней мѣрѣ этимъ объясняютъ себѣ тотъ фактъ, что въ мѣстностяхъ распространенія глобигеринъ на глубинахъ большихъ $2^1/_2$ тысячъ саж. глобигериновый илъ уже смѣняется глинистыми отложеніями *). Обыкновенно этотъ илъ встрѣчается на глубинахъ отъ 300 до 2500 саж., при чемъ меньшія изъ этихъ глубинъ характеризуются еще часто скопленіемъ въ массѣ механическихъ примѣсей раковинъ моллюсковъ, особенно Pteropoda, почему и отложенія этого рода называютъ



Чер. 197. Современная глобигерина (сильно увелич.) по Томсону.

*) Это обстоятельство послужило поводомъ поставить вопросъ, не представляетъ ли красная глина продуктъ преобразованія известковыхъ скорлупокъ подъ вліяніемъ углекислоты и огромнаго давленія на большихъ глубинахъ, однако гипотеза Мёррея о происхожденіи красной глины отъ преобразованія главнымъ образомъ вулканическихъ элементовъ, особенно стекловидныхъ породъ, признается болѣе вѣроятною.

птероподовымъ иломъ. Нѣжныя раковины моллюсковъ растворяются углекислотою скорѣе, чѣмъ глобигерины, и по этой причинѣ вѣроятно птероподовый илъ встрѣчается только на сравнительно малыхъ глубинахъ. Особенно мала глубина исчезновенія нѣжныхъ известковыхъ раковинъ на вулканическихъ банкахъ; по Мёррею это можетъ быть объяснено болѣе богатымъ выдѣленіемъ углекислоты въ такихъ мѣстахъ. Въ массѣ глобигериноваго ила находятъ также много известковыхъ кругловатыхъ пластинокъ (кокколиты и кокосферы) и палочекъ (рабдолиты), соединяющихся иногда въ шарообразныя массы, извѣстныя подъ именемъ рабдосферъ (чер. 198). Эти мельчайшія частички считались одно время внутренними выдѣленіями простѣйшаго организма, которому дали названіе батибій, причемъ предполагалось, что послѣдній происходитъ изъ неорганическихъ соединеній; подобная гипотеза связывала органическій міръ съ неорганическимъ и рѣшала до извѣстной степени вопросъ о началѣ жизни на землѣ. Основаніемъ гипотезы служило то обстоятельство, что кокколиты были находимы всегда среди массы особенной слизи весьма похожей на бѣлковое вещество протоплазму. Впослѣдствіи экспедиція Challenger'a показала, что такая слизь обнаруживается только въ илѣ, сохраняющемся въ крѣпкомъ спиртѣ, но не въ свѣжемъ илѣ, и что эта слизь ничто иное, какъ гипсовый осадокъ изъ морской воды, кокколиты же и рабдолиты — пелагическія водоросли.

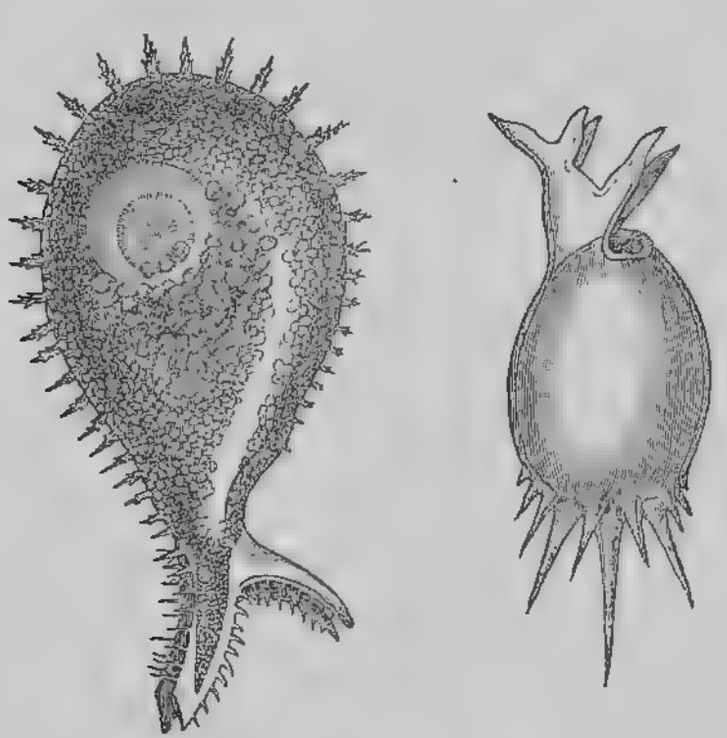


Чер. 198. Рабдосфера (сильно увелич.) по Томсону.

Изъ кремневыхъ организмовъ въ океанскомъ илѣ главную роль играютъ діатомеи и корненожки Radiolaria: при преобладаніи въ грунтѣ первыхъ отложенія называютъ діатомовымъ иломъ, а при скопленіи послѣднихъ, ріадіоляріевымъ.

Діатомеи представляютъ особый родъ водорослей съ крем-

нистыми панцырями; онѣ распространяются по всему земному шару, какъ въ соленыхъ, такъ и въ прѣсныхъ бассейнахъ, но область залеганія діатомоваго ила наиболѣе распространена въ поясѣ, примыкающемъ къ южному полярному кругу и на глубинахъ преимущественно 1000—2000 саж. Діатомовый илъ имѣетъ соломенно-желтоватый цвѣтъ и содержитъ также довольно большой процентъ известковыхъ скелетовъ (23%) и неорганическихъ отложеній (36%).



Чер. 199. Глубоководныя радіоляріи.

Радіоляріи (лучевики) встрѣчаются какъ на поверхности океановъ, такъ и на самыхъ глубокихъ мѣстахъ; кремнистые ихъ иглы и шарообразные панцыри находятъ на различныхъ глубинахъ, но преобладающее значеніе (54%) въ грунтѣ дна они пріобрѣтаютъ на глубинахъ 2000—4000 саж., тамъ, гдѣ известковыя скорлупки не могутъ уже достигнуть дна неповрежденными (чер. 199). Въ радіоляріевомъ илѣ замѣчается также въ большомъ количествѣ и неорганическій матеріалъ (42%).

Такимъ образомъ, характеръ грунта дна океановъ и морей зависитъ въ значительной степени отъ глубины и удаленія отъ берега, и въ связи съ этимъ отложенія дна могутъ быть раздѣлены на континентальныя и морскія, называемыя также пелагическими. Континентальныя включаютъ прибрежную область валуновъ, галечника, гравія, песка и континентальнаго ила, окаймляющаго подводные скаты и дно глубокихъ морей, отдѣленныхъ отъ океана подводными порогами, и, наконецъ, поясъ вулканическихъ и коралловыхъ острововъ; пелагическія же отложенія выполняютъ ложе океановъ и состоятъ изъ ила органическаго происхожденія (птероподоваго, глобигериноваго, діатомоваго и радіоляріеваго) и красной глины.

Для наглядности сопоставленій различнаго рода отложеній морского дна мы приводимъ здѣсь табличку [66]) (по Мёррею и Ренару) составныхъ частей и области распространенія континентальныхъ и пелагическихъ отложеній.

Разновидности отложеній.		Составныя части въ %.			Область распространенія.	
		Известк. орган.	Кремн. орган.	Неорг. части.	Сред. глубина въ саж.	Площадь %.
Пелагическія.	Красная глина .	7	2	91	2300	38,5
	Радіоляріев. илъ	4	54	42	2400	1,7
	Діатомовый »	23	41	36	1200	8,1
	Глобигерин. »	64	2	34	1700	37,1
	Птероподов. »	79	3	18	1100	0,3
Континентальныя.	Голубой илъ . . .	13	3	84	1000	10,8
	Корал. продукты	86	3	11	700	2,0
	Остальные	—	—	—	—	1,5
	Сумма	—	—	—	—	100

Мельчайшія микроскопическія животныя и водоросли, составляющія пелагическій илъ, живутъ частью на поверхности, а частью и вблизи дна, но въ послѣднемъ случаѣ, очевидно, не

на самыхъ большихъ океаническихъ глубинахъ, гдѣ мы встрѣчаемъ уже красную глину. Количество этихъ организмовъ въ различныхъ мѣстахъ океановъ и морей весьма различно и обусловливается болѣе или менѣе благопріятными условіями для ихъ существованія, теченіями и т. п., почему и толщина осадковъ ихъ на днѣ должна быть неодинакова въ различныхъ мѣстахъ, но какъ идетъ накопленіе этихъ осадковъ, какъ они увеличиваются изъ года въ годъ, — это остается для насъ неизвѣстнымъ. Осадками этими выравниваются вѣроятно многія впадины и неровности океанскаго дна, которое поэтому и представляетъ сравнительно однообразную поверхность.

Органическіе осадки встрѣчаются и въ составѣ земной поверхности въ разныхъ странахъ и доставили нѣкогда одинъ изъ главныхъ матеріаловъ на образованіе горныхъ породъ. — Очевидно, образованіе этихъ органическихъ пластовъ, встрѣчаемыхъ на сушѣ, произошло въ прежнія, весьма отдаленныя отъ насъ времена и при условіяхъ анологичныхъ съ происхожденіемъ ихъ теперь на днѣ океановъ, слѣдовательно, тогда, когда эта суша была еще дномъ морей. Составъ многихъ материковыхъ мѣстъ изъ осадочныхъ морскихъ пластовъ и поперемѣнная смѣна глубоководныхъ осадковъ мелководными, и притомъ нѣсколько разъ въ одномъ и томъ же мѣстѣ, доказываютъ, что эти мѣстности то были подъ водою, то опять выступали изъ подъ уровня воды. Но если органическіе осадки теперешнихъ морей несомнѣнно встрѣчаются вездѣ на материкахъ, то нельзя этого сказать про красную глину глубокихъ океаническихъ котловинъ; пока присутствіе аналогичныхъ ей отложеній на материкахъ не доказано. Послѣднее обстоятельство приводитъ Мёррея къ тому заключенію, что материки никогда не составляли дна глубокаго океана, и что, слѣдовательно, раздѣленіе океановъ и материковъ въ главныхъ чертахъ произошло въ началѣ геологическихъ періодовъ и что обмѣнъ водъ и материковъ въ теченіе послѣдующихъ періодовъ ограничивался только извѣстными предѣлами, не переходящими за границы

нынѣшней области распространенія красной глины. Этотъ предѣльный поясъ Мёррей называетъ поверхностью перемѣщенія; онъ занимаетъ около $^2/_3$ всей поверхности земли. Подобные выводы, однако, преждевременны, такъ какъ съ одной стороны большая часть суши еще совершенно не изслѣдована по своему составу, а съ другой, какъ это уже было изложено въ обзорѣ геологическихъ періодовъ, изслѣдованія Неймайера приводятъ къ заключенію, что Атлантическій и Индійскій океаны были еще въ юрскую эпоху заняты большею частью сушею.

Географическое распредѣленіе разновидностей грунта. Атлантическій океанъ. Осадки ложа этого океана состоятъ преимущественно изъ глобигериноваго ила и красной глины, но въ нѣкоторыхъ мѣстахъ встрѣчается и вулканическій матеріалъ. Глобигериновый илъ въ наибольшихъ массахъ встрѣчается въ экваторіальной области и на такъ называемой телеграфной равнинѣ, между Ньюфаундлендомъ и Ирландіею. По линіи же отъ Тенерифа до Св. Ѳомы сначала идетъ вулканическій илъ и песокъ, затѣмъ глобигериновый илъ, красная глина, по мѣрѣ поднятія къ серединной возвышенности опять глобигериновый илъ, а за этой возвышенностью, въ западномъ руслѣ океана, опять красная глина. Отношеніе количества на означенномъ пути глобигериноваго ила къ красной глинѣ приблизительно 10 : 27.

По линіи же отъ Сіерра Леопъ къ мысу С. Рокъ, глобигериновый илъ превышаетъ по количеству красную глину, доходя къ югу только до 50° южной широты. Между Бермудскими островами, Азорскими и Мадейрою преобладаетъ красная глина, чистая же глина безъ примѣсей известковыхъ частей обильнѣе всего между Бермудскими и Антильскими островами въ наиболѣе глубокой котловинѣ всего океана. Вокругъ Бермудскихъ острововъ — коралловый илъ. Въ окрестностяхъ Азорскихъ о-вовъ, между Мадейрою и Гибралтарскимъ проливомъ, дно большею частью покрыто глобигериновымъ иломъ. Южнѣе Канарскихъ

о-вовъ и къ островамъ Зеленаго мыса тоже глобигериновый илъ съ красноватымъ оттѣнкомъ.

Около острова Вознесенія дно состоитъ изъ песка, раковинъ, коралловъ и красныхъ водорослей.

Прибрежная полоса океана занята большею частью голубымъ и зеленымъ иломъ.

На Южно-Американскомъ прибрежьи, гдѣ впадаютъ Амазонка и Ориноко, осадки, несомые послѣдними, уносятся теченіями далеко къ NW и падаютъ на дно на значительномъ разстояніи отъ береговъ. На подводныхъ банкахъ, къ юго-востоку отъ мыса Фаруэль, дно состоитъ изъ вулканическихъ продуктовъ, тогда какъ на Ньюфаундлендской банкѣ и „Enterprise“ встрѣчаемъ гальки и валунныя отложенія.

Въ Карибскомъ морѣ и Мексиканскомъ заливѣ на глубинахъ больше 600 саженъ дно состоитъ изъ известковаго ила птероподъ съ примѣсью коралловъ. На подводныхъ возвышенностяхъ и банкахъ между Вестъ-Индскими островами — коралловый песокъ и обломки коралловъ.

Въ Средиземномъ морѣ преобладаютъ прибрежныя отложенія, особенно рѣчные наносы; мѣстами показывается коралловый осадокъ и глобигериновый илъ.

Въ Нѣмецкомъ и Балтійскомъ моряхъ песокъ и илъ, выносимые рѣками, или твердая глина, а въ Ботническомъ и Финскомъ заливахъ много валуновъ ледниковаго періода. Въ Черномъ морѣ синевато-сѣрый илъ, мѣстами съ черною поверхностью.

Въ С. Ледовитомъ океанѣ преимущественно илъ и береговыя отложенія. На глубинахъ около 100 саж. фораминиферовый илъ, на малыхъ глубинахъ — твердая глина съ пескомъ.

Въ Индійскомъ океанѣ отложенія состоятъ въ сѣверной части изъ глобигериноваго ила, а въ южной — большею частью изъ діатомоваго ила, въ особенности южнѣе 45° южн. шир. Болѣе глубокія котловины океана покрыты красною глиною, тогда какъ раздѣляющія ихъ подводныя возвышенія —

глобигериновымъ иломъ. Ближе къ островамъ Св. Павла и Амстердама, кромѣ глобигериноваго ила, замѣтны слѣды вулканическаго песка.

Въ Тихомъ океанѣ преобладаетъ красная глина, съ большимъ содержаніемъ марганца, затѣмъ въ перемежку идетъ глобигериновый и радіоляріевый илъ, но сѣвернѣе 10° широты глобигериновый илъ совершенно уже исчезаетъ. Прибрежныя отложенія большею частью характеризуются рѣчными наносами. Напримѣръ, желтый илъ рѣкою Гоанго далеко уносится въ море, и вѣроятно ему и обязано даже названіе Желтаго моря. Въ моряхъ: Банда, Целебесъ и Китайскомъ вовсе не находятъ глобигериноваго ила и красной глины; тамъ большею частью голубой илъ съ глиною. Затѣмъ между группами океаническихъ острововъ — то вулканическіе продукты, то коралловый илъ и песокъ. Особенно подобныя условія осадковъ дна видимъ въ сѣверной части океана между Сандвичевыми островами и островами Бонинъ и Японскими. Здѣсь любопытно слѣдующее обстоятельство: на этомъ пространствѣ замѣчается семь подводныхъ коралловыхъ банокъ, но такъ какъ онѣ находятся все же на весьма большой глубинѣ, недоступной для жизни полиповъ, то по всей вѣроятности эти банки произошли отъ внезапнаго пониженія дна, при которомъ полипы должны были умереть. Такое пониженіе дна могло быть слѣдствіемъ вулканическихъ изверженій, почему мы здѣсь и встрѣчаемъ рядомъ съ коралловымъ иломъ вулканическія: пемзу, лаву и т. п. Быстрое пониженіе дна въ этой части океана, вѣроятно происшедшее въ не слишкомъ отдаленную геологическую эпоху, отчасти объясняетъ то обстоятельство, что здѣсь не замѣчается тѣхъ аттолъ, обиліе которыхъ поражаетъ въ средней и южной части Тихаго океана. Вулканическіе продукты, впрочемъ, встрѣчаются не только въ сѣверной, но и въ южной части океана и особенно южнѣе острововъ Дружбы, около параллели 25° южной широты.

ФИЗИКА И ХИМІЯ МОРЯ.

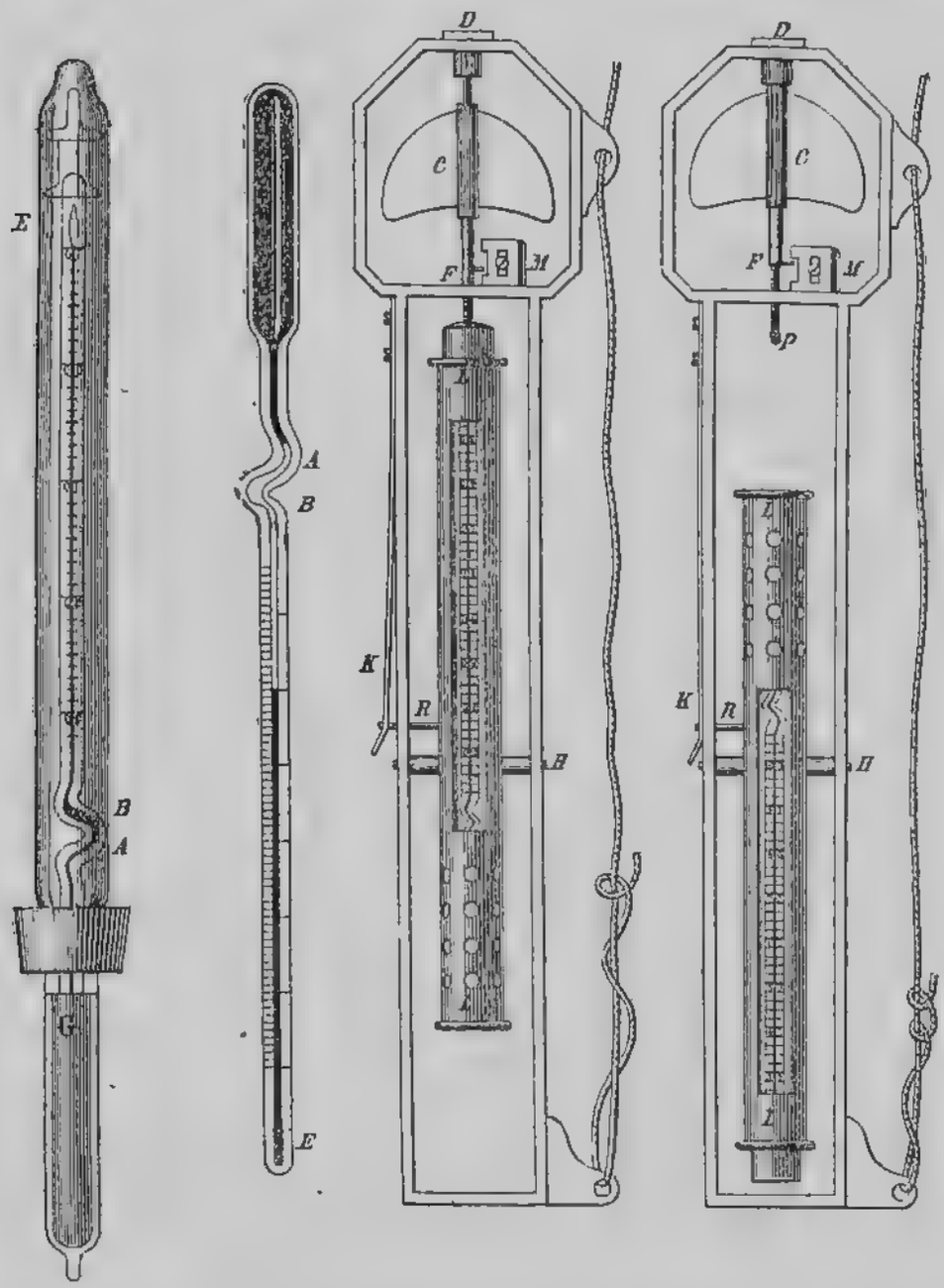
Температура морскихъ водъ.

Приборы и способы для изслѣдованія температуры водъ. Начало температурныхъ наблюденій въ моряхъ и океанахъ относится къ XVIII столѣтію, но первоначально опредѣлялись лишь температуры на поверхности моря, такъ какъ для измѣреній на глубинахъ термометръ не былъ приспособленъ, хотя такія измѣренія и интересовали ученыхъ не только въ видахъ изученія распредѣленія теплоты въ океанахъ, но и потому, что путемъ такихъ измѣреній полагали содѣйствовать рѣшенію вопроса о ходѣ температуры внутри земного шара. Въ 1778 году Сиксъ изобрѣлъ термометръ максимумъ-минимумъ; термометръ наполнялся спиртомъ, а въ нижней части изогнутой трубки — ртутью, при чемъ два стальныхъ штифта служили индексами. Существенный недостатокъ этихъ термометровъ была измѣняемость ихъ показаній подъ вліяніемъ давленія и потому на большихъ глубинахъ термометры показывали слишкомъ высокія температуры, которыя и послужили поводомъ созданія совершенно неосновательной гипотезы Росса (стр. 34). Первыя вполнѣ надежныя наблюденія на сравнительно большихъ глубинахъ сдѣланы Ленцомъ (1823—26 г.). Вмѣстѣ съ Параттомъ Ленцъ придумалъ приспособить особеннымъ образомъ термометръ для глубинъ, а именно: термометръ, спеціально изготовленный изъ толстаго стекла, помѣщался въ батометрѣ съ клапанами, окруженномъ дурными проводниками тепла. Ленцъ предварительно производилъ цѣлый рядъ опытовъ для введенія поправокъ отъ вліянія нагрѣванія прибора во время прохожденія его черезъ болѣе теплые верхніе слои моря. Къ сожалѣнію Ленцу не удалось произвести особенно

много наблюденій. Наибольшая глубина температурныхъ измѣреній Ленца была 1092 с. (въ 32° 20′ N шир. 42½° W долг.), при чемъ имъ найдена была здѣсь температура +2°,2 Ц. Это единственное въ свое время наблюденіе, показавшее столь низкую глубинную температуру въ океанѣ почти подъ тропикомъ. Большимъ толчкомъ для развитія этого вопроса послужило усовершенствованіе термометра, сдѣланное Миллеръ-Казеллою почти 100 лѣтъ спустя послѣ Сикса. Въ термометрахъ Миллеръ-Казеллы шарикъ для защиты отъ вліянія давленія окруженъ стекляннымъ колпачкомъ и пространство между ними заполняется частью фенелевою кислотою *). При употребленіи термометровъ Миллеръ-Казеллы требуется большая осторожность; отъ сотрясенія штифтики легко могутъ сдвигаться съ мѣста, отчего получаются ошибочныя данныя. Затѣмъ, въ тѣхъ случаяхъ, когда температура съ глубиною измѣняется не въ одномъ направленіи, а холодные слои прорѣзываются болѣе теплыми, или же температура падаетъ только до извѣстной глубины, а затѣмъ повышается до дна, то пользуясь означенными термометрами мы можемъ получить невѣрныя представленія о распредѣленіи температуры на глубинахъ. Вотъ почему и термометры Миллеръ-Казеллы не могутъ быть вообще рекомендованы. Въ концѣ семидесятыхъ годовъ XIX столѣтія Негретти и Замбра изобрѣли для глубинныхъ наблюденій термометръ, который отличается отъ обыкновеннаго тѣмъ, что трубка (чер. 200 I) въ мѣстѣ (*AB*) перехода ея въ шарикъ съужена и изогнута, такъ что при поворачиваніи термометра шарикомъ вверхъ, ртутный столбикъ въ трубкѣ отдѣляется отъ шарика и падаетъ на нѣсколько расширенное дно трубки. Термометрическая трубка помѣщается внутри толстой стеклянной трубки, которая припаивается вблизи шарика и, окружая послѣдній, предохраняетъ его отъ вліянія давленія на большихъ глубинахъ. Пространство между шарикомъ и окружающимъ его

*) Гидратъ бобровой струи.

колпакомъ заполняется частью ртутью. Термометръ вкладывается (чер. 200 II) въ металлическую оправу L съ прорѣзью по длинѣ шкалы и прикрѣпляется къ особой рамѣ, внутри кото-

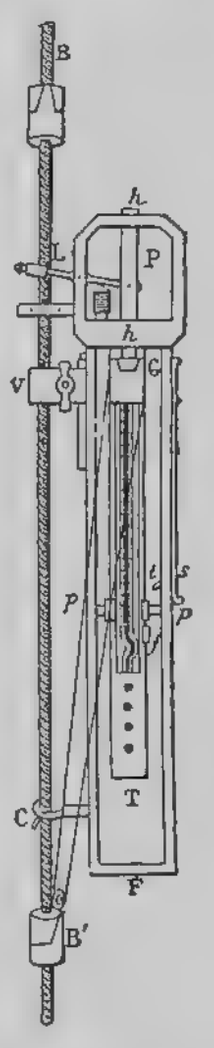


Чер. 200. Глубоководный термометръ Негретти-Замбра (II — спускъ, III — подъемъ).

рой онъ свободно поворачивается около оси H. Для удержанія термометра шарикомъ внизъ, какъ показано на чертежѣ (II),

верхняя часть металлической оправы оканчивается выступомъ, внутрь котораго проходитъ нижній конецъ штифта *p*. Для поворачиванія термометра шарикомъ вверхъ существуетъ приспособленіе двоякаго рода. Первое, посредствомъ винта *C*, который при погруженіи прибора, отъ сопротивленія воды снизу, вращается такъ, что конецъ штифта *p* входитъ внутрь выступа оправы и тѣмъ удерживаетъ её въ положеніи показанномъ на чертежѣ (II). Когда же приборъ начинаютъ подымать вверхъ, то винтъ *C* вращается въ обратную сторону и штифтъ *p* выходитъ изъ выступа оправы, и тогда термометръ опрокидывается и принимаетъ положеніе показанное на чертежѣ (III). Для наблюденій приборъ привязываютъ къ лотлиню и, поворотивъ рукою винтъ въ рамѣ такъ, чтобы штифтъ *p* вошелъ внутрь выступа оправы, погружаютъ приборъ на требуемую глубину; послѣ того, какъ термометръ приметъ температуру воды на данной глубинѣ, подымаютъ его обратно. При обратномъ движеніи прибора термометръ поворачивается шарикомъ вверхъ, отчего столбъ ртути у шарика отдѣляется и падаетъ на дно трубки; величина этого столбика соотвѣтствуетъ той температурѣ, какая имѣла мѣсто на данной глубинѣ и потому, вынувъ приборъ на палубу и не измѣняя его положенія, т. е. оставляя термометръ шарикомъ кверху, производятъ отсчетъ у верхняго конца ртутнаго столбика, такъ какъ въ этихъ приборахъ шкала идетъ отъ конца трубки къ шарику, а не наоборотъ, какъ у всякаго обыкновеннаго термометра. Опрокидываніе термометра происходитъ, какъ видно изъ вышеописаннаго, не на той глубинѣ, температуру которой желаютъ измѣрить, а на нѣсколько меньшей въ зависимости отъ длины той части штифта *p*, которая входитъ въ выступы рамы. Длину этой части можно дѣлать въ каждомъ данномъ случаѣ больше или меньше, опуская или подымая стопоръ *M*, который, упираясь въ шпинекъ *F*, останавливаетъ вращеніе винта. Если опустить совсѣмъ стопоръ *M*, то опрокидываніе термометра произойдетъ только послѣ того, какъ приборъ пройдетъ вверхъ отъ мѣста его погруженія

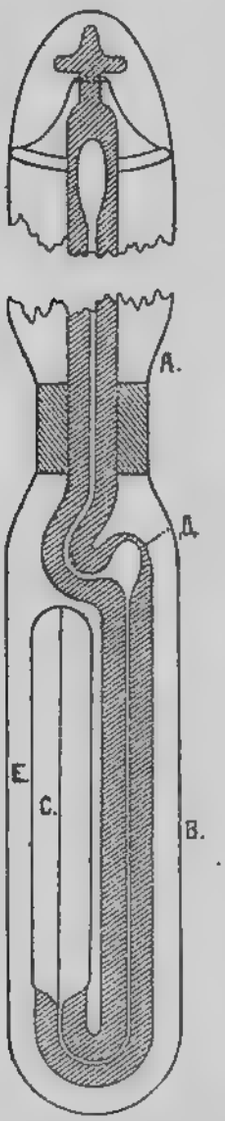
6 футъ, т. е. одну морскую сажень. Слѣдовательно, при измѣненіяхъ температуры воды, напр., черезъ каждый футъ, наши наблюденія могутъ далеко не соотвѣтствовать данной глубинѣ, и поэтому при измѣреніяхъ температуръ на малой глубинѣ стопоръ устанавливаютъ возможно выше, чтобы полуоборота винта O достаточно было для опрокидыванія термометра; на большихъ глубинахъ, гдѣ на протяженіи сажени температура не мѣняется чувствительно, а между тѣмъ необходимо предупредить случайное по пути опрокидываніе термометра, стопоръ M опускается возможно ниже. Такъ какъ при малой глубинѣ погруженія прибора, вслѣдствіе подергиваній линя или вліянія теченій, термометръ можетъ опрокинуться уже во время спуска прибора, то для малыхъ глубинъ, напримѣръ до 20—50 саж., слѣдуетъ пользоваться термометрами Негр.-Зам. съ другого рода устройствомъ для опрокидыванія на данной глубинѣ. Устройство это (чер. 201) состоитъ въ томъ, что штифтъ выходитъ изъ рамы отъ нажатія вилки L внизъ ударомъ груза B, спускаемаго по линю въ требуемый моментъ. Если къ лотлиню привязано нѣсколько подобныхъ термометровъ въ нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга, то къ рамѣ каждаго термометра, за исключеніемъ самаго нижняго, подвѣшивается посредствомъ шнурка грузъ B', который, способствуя опрокидыванію термометра, въ то же время служитъ для удара въ вилку слѣдующаго книзу термометра.



Чер. 201. Термометръ Негретти-Замбра съ рамою Милля.

Продолжительность аккомодаціи термометра на каждой данной глубинѣ зависитъ, главнымъ образомъ, отъ его чувствительности, каковая связана съ формою и размѣрами шарика.

Термометры Негр.-Замбра болѣе чувствительны, чѣмъ термометры Мил.-Каз.; напр., опытъ показываетъ, что для первыхъ достаточно большею частью 4 минуты аккомодаціи, а для послѣднихъ нужно 10 и даже 15 минутъ. Во всякомъ случаѣ время аккомодаціи для каждаго термометра слѣдуетъ опредѣлять предварительными опытами.



Чер. 202. Термометръ Шабо.

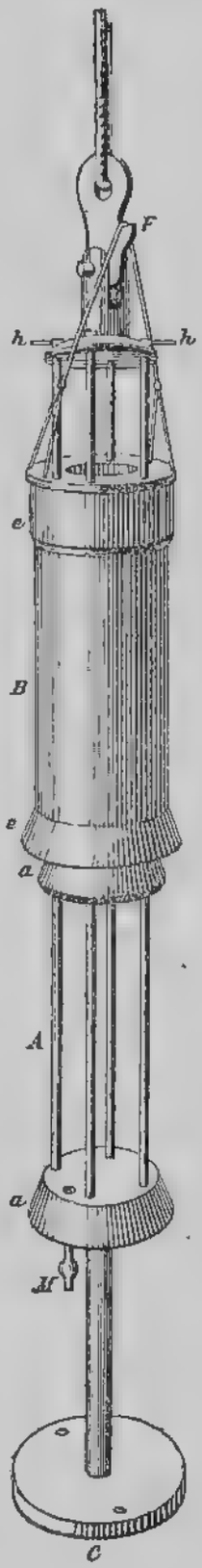
Изъ вышеизложеннаго достаточно ясно, что термометры Негр.-Зам. имѣютъ большое преимущество передъ термометрами Мил.-Каз. Но термометры Негр.-Зам., даже тщательно изготовленные, могутъ современемъ разщелиться въ своей съуженной части и тѣмъ искажать результатъ наблюденій. Для устраненія подобнаго недостатка Шабо предложилъ видоизмѣнить термометръ Негр.-Зам. такимъ образомъ, какъ показано на чертежѣ 202, т. е. вмѣсто прямого имѣть загнутый резервуаръ *E*, а съуженіе замѣнить стекляннымъ стержнемъ *C*, припаяннымъ ко дну резервуара и концомъ своимъ запирающимъ съ очень малымъ зазоромъ термометрическую трубку. Камора *Д* имѣетъ цѣлью задерживать частицы столбика, получающіяся отъ расширенія ртути въ резервуарѣ при прохожденіи имъ слоевъ съ высшею температурою послѣ опрокидыванія термометра.

Для измѣренія температуры на глубинахъ употребляютъ еще другой способъ, пользуясь приборомъ для добыванія образцовъ воды изъ различныхъ глубинъ, называемымъ батометромъ *).

*) Это названіе должно быть присвоено, собственно говоря, измѣрителю глубинъ; то, что мы называемъ батометромъ, въ Англіи называютъ bottle, во Франціи bouteille и Германіи Schöpf-Apparate, Wasserschöpfer.

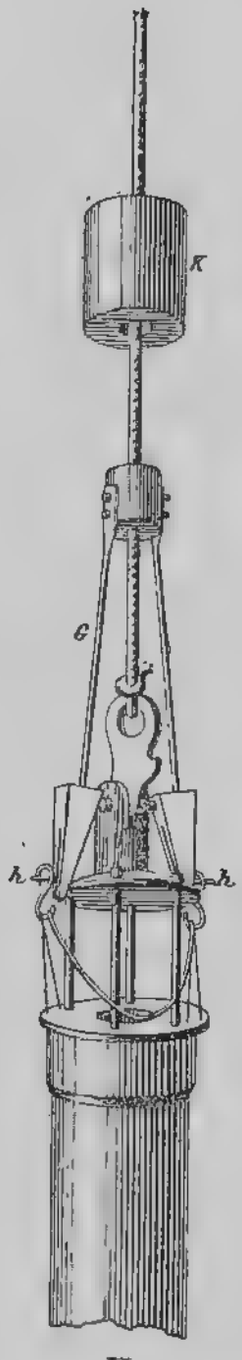
Въ настоящее время имѣется нѣсколько системъ батометровъ, но какого бы устройства ни былъ батометръ существенную часть его всегда составляетъ сквозной цилиндръ, герметически запирающійся на той глубинѣ, съ которой достаютъ образчикъ воды. Если же батометромъ желательно не только достать воду съ глубины, но и измѣрить температуру на данной глубинѣ, то цилиндръ долженъ быть окруженъ дурными проводниками тепла для устраненія вліянія температуры окружающей среды на воду, заключенную въ цилиндрѣ, или же въ батометрѣ долженъ быть устроенъ опрокидывающійся термометръ Негр.-Зам.

Батометръ Мейера, употреблявшійся во многихъ экспедиціяхъ, состоитъ изъ мѣднаго полаго цилиндра *B* (чер. 203 I), который



I

Чер. 203. Батометръ Мейера при спускѣ на дно.



II

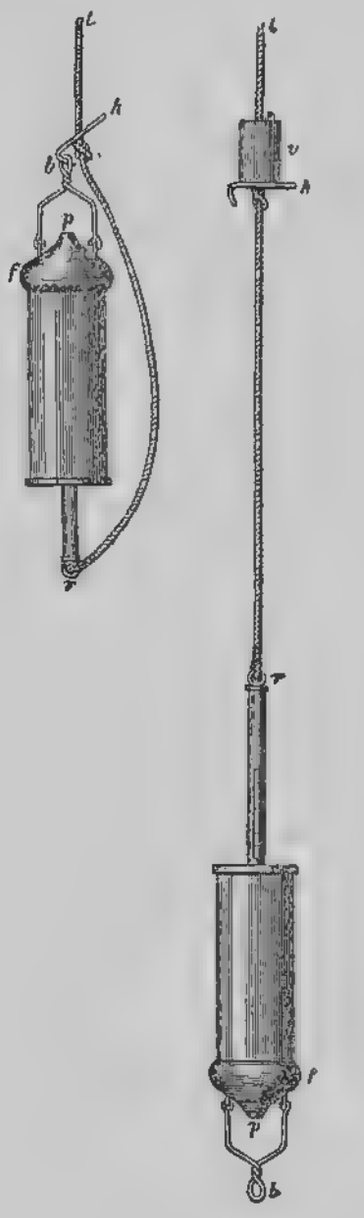
Чер. 203. Батометръ Мейера опущенный на данную глубину.

свободно движется вдоль стержней *A*; на послѣднихъ сдѣланы металлическіе массивные клапана *a* на такомъ разстояніи другъ отъ друга, что оба они одновременно плотно закрываютъ верхнее и нижнее отверстіе цилиндра. Отъ нижняго клапана идетъ стержень, оканчивающійся дискомъ *c*, которымъ приборъ при погруженіи упирается въ дно. Во время погруженія прибора цилиндръ открытъ (какъ на чер. I) и подвѣшенъ выше клапановъ на гакѣ *F* такимъ же образомъ, какъ въ лотѣ Брука подвѣшивается ядро. Очевидно, что при спускѣ вода свободно проходитъ черезъ цилиндръ, а когда аппаратъ достигнетъ дна и линь ослабнетъ, то цилиндръ падаетъ по стержнямъ внизъ и оба его отверстія запираются клапанами, въ цилиндрѣ же остается придонная вода. Послѣ подъема отпираютъ кранъ *M* у нижняго клапана и выпускаютъ такимъ образомъ воду, подлежащую анализу. Для полученія воды съ какой-либо промежуточной глубины, между поверхностью и дномъ моря, цилиндръ подвѣшивается на петляхъ на концахъ болта *hh*, проходящаго черезъ металлическій дискъ, составляющій верхнее основаніе стержней, по которымъ ходитъ цилиндръ (чер. 203 II). Между петлями и дискомъ надѣваются на болтъ вилообразныя металлическія пластинки *G*, устроенныя такимъ образомъ, что при достаточномъ нажатіи концы вилокъ настолько насаживаются на болтъ, что сбрасываютъ петли, удерживающія цилиндръ. Пластинки *G* прикрѣплены къ цилиндрику, туго ходящему по линю. Когда аппаратъ достигнетъ требуемой глубины, по линю спускается цилиндрическій грузъ *K*, который ударяетъ по цилиндрику пластинокъ *G* и заставляетъ его опуститься внизъ по линю, а это, въ свою очередь, обусловливаетъ нажатіе пластинокъ, отчего петли сбрасываются и цилиндръ аппарата падаетъ на клапана и запирается ими.

Недостатки Мейеровскаго аппарата подобны недостаткамъ лота Брука въ первоначальномъ его видѣ, т. е. при спускѣ прибора на дно, цилиндръ можетъ соскочить съ поворотнаго гака иногда раньше достиженія дна, вслѣдствіе подергиваній

линя во время розмаховъ судна на качкѣ, и потому лучше и при спускѣ на дно этого батометра пользоваться приспособленіемъ для промежуточныхъ глубинъ. Батометръ Мейера и ему подобныя, не будучи изолированы дурными проводниками тепла отъ вліянія температуры, не могутъ служить для измѣренія температуры глубинъ. Для этой цѣли могутъ быть рекомендованы между прочимъ батометры Рунга и Петтерссона.

Батометръ Рунга состоитъ (чер. 204 I) изъ цилиндра съ коническимъ основаніемъ, оканчивающимся небольшимъ отверстіемъ p; внутри цилиндра ходитъ двойной поршень, а штокомъ для поршня служитъ термометръ Негретти и Замбра.

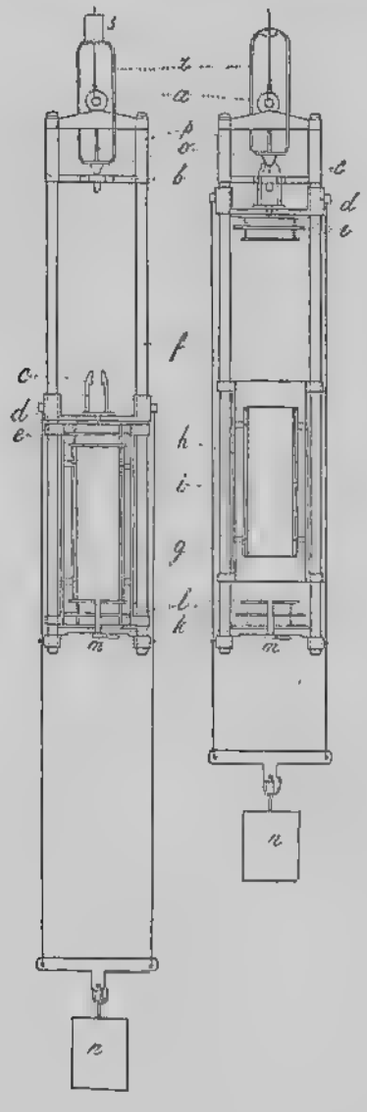


I II

Чер. 204. Батометръ Рунга (слѣва — спускъ, справа — подъемъ).

Цилиндръ подвѣшивается къ линю помощью ручки b и особаго крючка h, отъ котораго конецъ линя проводится къ обушку r въ оправѣ термометра. Когда приборъ опущенъ на желаемую глубину, то, продержавъ его тамъ около 4 минутъ, дабы термометръ успѣлъ принять температуру среды, спускаютъ по линю грузъ v, который, ударивъ въ крючекъ h выдергиваетъ послѣдній изъ ручки b; тогда цилиндръ опрокидывается и такъ какъ штокъ поршня удерживается линемъ въ r, то цилиндръ отъ тяжести скользитъ по поршню внизъ, и всасываетъ воду въ себя черезъ отверстіе p, которое затѣмъ запирается особымъ мѣднымъ шарикомъ (чер. 204 II). Вмѣстѣ съ опрокидыва-

ніемъ цилиндра въ термометрѣ отдѣляется надлежащій столбъ ртути. Приборъ вынимается обратно въ опрокинутомъ положеніи, т. е. шарикомъ термометра вверхъ, дѣлается отсчетъ по термометру и открывается кранчикъ *f*, откуда и выливается вода изъ цилиндра. Приборъ этотъ можно рекомендовать особенно для глубинъ до 50 саж., такъ какъ весьма отчетливо можно замѣтить, спуская его въ ручную, моментъ опрокидыванія прибора и тѣмъ избѣжать недоразумѣній въ случаѣ, если бы приборъ опрокинулся ранѣе спуска груза по линю. На большихъ глубинахъ случайное опрокидываніе прибора пельзя замѣтить. Если одновременно съ такимъ приборомъ опредѣлить отдѣльнымъ термометромъ температуру на данной глубинѣ, то получимъ контроль наблюденій. Батометръ Рунга не годится для добыванія воды со дна, и въ этомъ отношеніи онъ уступаетъ батометру Мейера.



II I

Чер. 205. Батометръ Петтерссона-Книповича (справа — спускъ, слѣва — подъемъ).

Батометръ Петтерссона, видоизмѣненный г. Книповичемъ, состоитъ изъ нѣсколькихъ полыхъ концентрическихъ цилиндровъ *hi* (чер. 205), вставленныхъ другъ въ друга, причемъ только внутренній служитъ резервуаромъ для добываемаго образца воды, а остальные, наполняясь также водою при закрываніи батометра, представляютъ собою изоляціонную оболочку для защиты воды внутренняго цилиндра отъ вліянія температуры. Цилиндры могутъ перемѣщаться по рамѣ *f* и

удерживаться на вѣсу небольшими пружинками, входящими въ углубленія рамы, внизу которой устроенъ клапанъ k съ резиновыми прокладками l, для запиранія нижняго отверстія системы цилиндровъ; въ клапанѣ имѣется проходъ къ самому внутреннему цилиндру, запираемый краномъ m. Верхнія отверстія цилиндровъ запираются клапаномъ d съ центральнымъ отверстіемъ, запираемомъ резиновою пробкою и снабженномъ резиновыми прокладками e; отъ этого клапана идутъ тонкіе металлическіе лини g къ грузу n и онъ можетъ быть подвѣшиваемъ къ верхней перекладинѣ рамы b посредствомъ крючковъ c, у основанія которыхъ находятся небольшія пружинки, удерживающія крючки въ надлежащемъ положеніи. Въ верхней части рамы f устроена рамка r съ коническою гирею o, ходящею по оси p и служащею для раздвиганія крючковъ c. Къ кольцу a прикрѣпляется линь для спуска и подъема батометра. Для спуска батометра (чер. I) верхній клапанъ d поднимается и подвѣшивается у перекладины b крючками c, такъ что концы послѣднихъ обхватываютъ кончикъ гири o, затѣмъ подымаютъ цилиндры отъ нижняго клапана и опускаютъ батометръ на желаемую глубину. Когда приборъ дойдетъ до данной глубины пускаютъ по линю кольцеобразную гирю s, ударомъ которой о раму r гиря o раздвигаетъ крючки и верхній клапанъ d, лишившись опоры и благодаря оттягивающему внизъ грузу n, падаетъ на цилиндры и, увлекая ихъ по пути, плотно прижимаетъ ихъ къ нижнему клапану. Для измѣренія температуры воды полученной съ данной глубины во внутреннемъ цилиндрѣ, вводятъ термометръ въ верхнее отверстіе клапана d сквозь щелевидную порѣзь въ резиновой перепонкѣ, закрывающей это отверстіе независимо отъ пробки, которая при этомъ вынимается.

Какой бы способъ для измѣренія температуры ни употребляли, термометръ долженъ быть предварительно изслѣдованъ, т. е. должны быть опредѣлены его поправки сличеніемъ съ нормальнымъ и затѣмъ поправки, зависящія отъ вліянія большихъ давленій.

Изслѣдованіе температуры въ моряхъ лучше всего производить посредствомъ одновременныхъ измѣреній температуры на данныхъ мѣстахъ по всей вертикальной линіи отъ поверхности до дна, почему употребляютъ за разъ не одинъ термометръ, а нѣсколько, привязывая ихъ къ лотлиню въ нѣкоторомъ другъ отъ друга разстояніи, при чемъ разстояніе между термометрами должно быть разсчитано сообразно съ предполагаемымъ вертикальнымъ распредѣленіемъ температуры. Температура обыкновенно измѣняется быстрѣе ближе къ поверхности и потому здѣсь нужно термометры помѣщать ближе другъ къ другу, напр., черезъ 5—10 саженъ, на большихъ же глубинахъ черезъ 20, 30 или 50 саж., а въ океанахъ, ближе ко дну, разстояніе можетъ быть и болѣе 100 саж.

Для контроля полезно имѣть съ нѣкоторыхъ глубинъ по нѣсколько опредѣленій температуры различными способами.

Для опредѣленія температуры на поверхности моря можно пользоваться всякимъ обыкновеннымъ термометромъ, но лучше брать термометръ, заключенный въ металлическую трубку, съ чашечкою вокругъ шарика, и для наблюденій воду доставать изъ-за борта парусиннымъ ведромъ въ передней части судна, гдѣ вода наименѣе возмущена стоками воды съ палубы, съ машины и т. п. Остальныя подробности даются въ спеціальныхъ инструкціяхъ.

При обработкѣ матеріала рекомендуется пользоваться графическимъ способомъ, такъ какъ этотъ способъ не только даетъ наглядное представленіе, но и позволяетъ легко обнаружить ошибки или погрѣшности въ наблюденіяхъ и, наконецъ, легче дополнить промежуточные ряды. Способъ этотъ общеизвѣстный и состоитъ въ томъ, что одну изъ прямоугольныхъ координатъ принимаютъ для разсчета температуръ, а другую для времени, или глубинъ, или вообще для элементовъ, въ функціи которыхъ желательно опредѣлить измѣненія температуры. Нанеся, напр., по координатамъ наблюденныя температуры и глубины, соединяютъ полученныя точки согласною кри-

вою, по виду которой можно уже судить, гдѣ измѣненія температуръ съ глубиною большія и гдѣ, поэтому, желательно произвести болѣе подробныя наблюденія. Имѣя такія кривыя въ данномъ мѣстѣ для разныхъ дней или мѣсяцевъ, легко видѣть, до какой глубины распространяются суточныя или мѣсячныя или, наконецъ, годовыя колебанія температуръ.

Связь между температурою поверхности моря и температурою воздуха и факторы, вліяющіе на температуру моря. При тѣсномъ соприкосновеніи поверхности моря съ нижними слоями воздуха, температуры ихъ должны быть въ нѣкоторой связи между собою; въ среднемъ годовомъ выводѣ для умѣреннаго и жаркаго пояса океана онѣ дѣйствительно немного различаются. Вычислено, что температура нижнихъ слоевъ воздуха въ среднемъ за годъ около 1° ниже температуры на поверхности океановъ. Такимъ образомъ вода служитъ какъ бы источникомъ теплоты для прилегающаго къ ней воздуха. Подобныя, однако, условія имѣютъ мѣсто не во всѣхъ частяхъ океановъ.

Для экваторіальной области и моря около мыса Доброй Надежды изслѣдованія, произведенныя Тойнби, показали: 1)

Между мерид. 10°—40° з. д.	20° с.—10° ю. ш.	вода теплѣе	возд.	отъ іюля до февр.
		„ холоднѣе	„	„ марта „ мая.
	10° с. ш. 0° —	„ теплѣе	„	во весь годъ.
	0°—10° ю. ш.	„ „	„	отъ марта до авг.
		„ холоднѣе	„	„ сент. „ февр.

Въ среднемъ во всей области вода теплѣе воздуха. 2) Въ области 30°—50° ю. ш. и 10°—40° в. д. въ сѣверной части вода теплѣе, а въ южной холоднѣе воздуха. Линія, раздѣляющая эти двѣ части, проходитъ по параллели между 41°—43° ю. ш.

Для сѣверной части Атлантическаго океана между 40°—50° с. ш. и мерид. 10°—30° з. д. по выводамъ Германской

обсерваторіи воздухъ осенью и зимою холоднѣе воды, а лѣтомъ теплѣе; весною условія одинаковы для воздуха и для воды.

По изслѣдованіямъ Кеппена [67]) въ среднемъ за годъ въ поясѣ 50° сѣв. — 40° юж. широтъ и 45° W — 35° O долготъ надъ теплыми теченіями вода теплѣе воздуха на 1°,3 Ц., а надъ холодными теченіями вода холоднѣе, но разница почти не превосходитъ десятой доли градуса. Въ умѣренныхъ широтахъ надъ теплыми теченіями лѣтомъ воздухъ почти на 1° теплѣе, а зимою на 2°—3° Ц. холоднѣе воды, надъ холодными же теченіями воздухъ большую часть года теплѣе воды.

Въ Индійскомъ океанѣ наибольшая разница между температурою поверхности моря и воздуха надъ нею замѣчается надъ Игольнымъ теченіемъ; здѣсь воздухъ лѣтомъ на 1°, а зимою на 2° Ц. холоднѣе воды; у береговъ воздухъ теплѣе воды; южнѣе парал. 42° ю. ш. зимою воздухъ и вода одинаково теплы, но лѣтомъ воздухъ на $^1/_2$°—1° теплѣе воды.

Связь между температурами поверхности моря и прилегающаго къ ней воздуха является, конечно, результатомъ совмѣстнаго ихъ нагрѣванія солнечными лучами и взаимнаго обмѣна тепла, но въ этомъ обмѣнѣ главную роль играетъ вода, благодаря своей большей удѣльной теплотѣ. Удѣльная теплота океанской воды (удѣльнаго вѣса 1,027 при температурѣ 17°,5 Ц.) по опытамъ Туле и Шевалье 0,93, принимая за единицу удѣльную теплоту дистиллированной воды, удѣльная же теплота воздуха всего 0,24; отсюда видимъ, какая большая разница должна быть въ нагрѣваніи воды и воздуха и насколько большее вліяніе должна имѣть температура моря на прилегающій воздухъ. Напримѣръ, при передачѣ тепла отъ одного кубическаго метра морской воды плотностью 1,023 пониженіе ея на 1° Ц. повышаетъ на 1° объемъ воздуха слишкомъ въ 3000 куб. метровъ.

Но если въ среднемъ температуры поверхности моря и воздуха мало разнятся, то въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ разница можетъ быть весьма значительная, такъ какъ тепловые

процессы въ водѣ происходятъ гораздо медленнѣе, чѣмъ въ воздухѣ, какъ по причинѣ бо́льшей теплоемкости воды, такъ и вслѣдствіе большей подвижности воздуха. Поэтому и колебанія температуры водъ меньше, чѣмъ колебанія въ воздухѣ.

При разсматриваніи термическихъ условій водныхъ бассейновъ вдали отъ береговъ слѣдуетъ принимать во вниманіе прежде всего теченія, затѣмъ плотность воды, ея прозрачность, состояніе поверхности, испареніе и конвекціонные токи. Теченіями приносятся воды въ данное мѣсто далеко не соотвѣтствующія мѣстнымъ условіямъ нагрѣванія и, благодаря теченіямъ, мы часто можемъ встрѣтить какъ на поверхности, такъ и на нѣкоторой глубинѣ, рядомъ полосы водъ различной температуры.

Удѣльная теплота морской воды уменьшается съ увеличеніемъ ея плотности, то есть, болѣе соленая вода быстрѣе нагрѣвается, но такъ какъ въ то же время лучеиспусканіе болѣе плотныхъ водъ меньше, то болѣе соленыя воды должны содержать въ себѣ большій запасъ тепла.

Прозрачность водъ имѣетъ значеніе для глубины непосредственнаго проникновенія солнечныхъ лучей; чѣмъ прозрачнѣе воды, тѣмъ глубже проникаютъ солнечные лучи и тѣмъ на большую толщу водъ распредѣляется ихъ тепло, и поэтому поверхность моря въ этомъ случаѣ тѣмъ медленнѣе нагрѣвается, тогда какъ часть тепла проникаетъ на глубины. Механическая примѣсь въ видѣ землистыхъ частицъ на поверхности усиливаетъ нагрѣваніе послѣдней, затрудняя въ то же время передачу тепла на глубину. Такая примѣсь въ морскихъ водахъ обыкновенно легко осаждается, въ прѣсныхъ же водахъ она долго остается на поверхности, и потому теплота въ морѣ распредѣляется равномѣрнѣе отъ поверхности до нѣкоторой глубины, чѣмъ въ прѣсныхъ бассейнахъ. Равномѣрность такого распредѣленія связана также съ состояніемъ поверхности; оно равномѣрнѣе при взволнованной поверхности, такъ какъ волны производятъ перемѣшиваніе между собою слоевъ

до нѣкоторой глубины. Съ другой стороны, гладкая зеркальная поверхность обладаетъ большою отражательною способностью, которая быстро увеличивается съ угломъ паденія лучей, однако, эта потеря въ нагрѣваніи должна вознаграждаться уменьшеніемъ въ то же время лучеиспусканія.

Теплота, доставляемая солнечными лучами на поверхность водъ, только частью идетъ на нагрѣваніе послѣдней, такъ какъ, кромѣ потери отраженныхъ лучей и лучей, проникшихъ на глубину, почти половина тепла расходуется на испареніе [68]), вслѣдствіе котораго въ близповерхностныхъ слояхъ моря нарушается равновѣсіе. Вслѣдствіе испаренія поверхностныя частицы моря становятся болѣе солеными, слѣдовательно болѣе плотными, и потому погружаются на нѣкоторую глубину, и на ихъ мѣсто выступаютъ съ глубины болѣе холодныя. Такимъ путемъ процессъ нагрѣванія въ моряхъ передается отъ поверхности на глубины и тѣмъ замедляется процессъ нагрѣванія самой поверхности. Нарушеніе въ распредѣленіи плотности частицъ происходитъ еще въ большей степени при охлажденіи. При охлажденіи поверхности моря частицы, становясь плотнѣе, переходятъ вглубь и переносятъ туда постепенно поверхностное охлажденіе; на мѣсто погружающихся частицъ выступаютъ съ глубины болѣе теплыя, которыя затѣмъ опять охлаждаются, погружаются и т. д. Эти движенія водъ замедляютъ процессъ охлажденія поверхности моря. Вообще малѣйшее нарушеніе въ распредѣленіи плотности слоевъ моря, будь то вслѣдствіе испаренія или охлажденія, приводитъ къ вертикальному движенію частицъ, называемому конвекціонными токами. При охлажденіи эти токи происходятъ энергичнѣе и на большую глубину, чѣмъ при нагрѣваніи *).

---

*) Токи при нагрѣваніи вообще слабы и нельзя ихъ сравнивать съ подобными токами въ атмосферѣ, которая, нагрѣваясь преимущественно снизу, обнаруживаетъ сильныя восходящія теченія — обстоятельство весьма важное при сопоставленіи тепловыхъ процессовъ въ водѣ и въ воздухѣ.

Вертикальныя движенія частицъ сопровождаются несомнѣнно и слабыми перемѣщеніями сосѣднихъ частицъ по горизонтальнымъ направленіямъ, но въ свою очередь и сами могутъ быть вызваны горизонтальными движеніями водъ. Особенно благопріятныя условія для вертикальнаго движенія частицъ находимъ на окраинахъ теченій, при отклоненіи послѣднихъ въ ту или другую сторону, и у прибрежій, при сгонѣ поверхностныхъ водъ вѣтрами съ материка. Въ этихъ случаяхъ уносимыя поверхностныя воды на одной сторонѣ замѣщаются водою, подымающеюся съ глубины, а на другой—накопляются и, увеличивая давленіе на нижнія слои, производятъ опусканіе частицъ на глубину. Такъ какъ причины, вызывающія движенія океанскихъ водъ, какъ по горизонтальному, такъ и по вертикальному направленію, дѣйствуютъ постоянно, то нельзя себѣ и представить полнаго покоя воды даже на самыхъ большихъ глубинахъ; на этихъ глубинахъ, какъ увидимъ ниже, также должно быть движеніе, хотя и чрезвычайно медленное. Этимъ движеніемъ въ связи съ движеніями въ близъповерхностномъ слоѣ, особенно съ теченіями, создаются условія постояннаго, болѣе или менѣе оживленнаго, обмѣна водъ самыхъ отдаленныхъ поясовъ и въ этомъ обмѣнѣ мы должны искать между прочимъ причины отступленій отъ того нормальнаго распредѣленія тепла, которое могло бы установиться только подъ вліяніемъ нагрѣванія и лучеиспусканія.

У прибрежій материковъ, кромѣ вышеуказанныхъ вліяній, играютъ важную роль климатическія и гидрографическія условія прибрежья и тепловыя особенности поверхности материка, благодаря которымъ колебанія температуръ происходятъ въ болѣе широкихъ предѣлахъ у береговъ, чѣмъ въ открытомъ морѣ.

Суточный и годовой ходъ температуры моря. Температура поверхности моря, слѣдуя измѣненіямъ въ нагрѣваніи и охлажденіи, обнаруживаетъ въ среднемъ выводѣ правильныя суточныя и годовыя колебанія. Въ суточномъ ходѣ

температура увеличивается днемъ и достигаетъ максимальной величины спустя 4—5 часовъ послѣ полдня, затѣмъ понижается до утра и достигаетъ минимума позже восхода солнца на 2—3 часа. Опаздываніе означенныхъ максимумовъ и минимумовъ температуры относительно моментовъ наибольшаго нагрѣванія и охлажденія различно для разныхъ мѣстъ, но, какъ видимъ, оно больше, чѣмъ подобныя же опаздыванія въ суточномъ ходѣ температуры воздуха, и больше для максимума, чѣмъ для минимума. Разность между величиною максимума и минимума температуры въ теченіе сутокъ, называемая суточною амплитудою, въ общемъ для водъ не велика; посреди океановъ, въ экваторіальной части [68]) амплитуда достигаетъ едва 0,4° Ц., а въ широтахъ около 30° — отъ 0°,5 до 0°,6 Ц. Во внутреннихъ моряхъ у береговъ, особенно на неглубокихъ мѣстахъ, суточная амплитуда можетъ достигать 2°—3° Ц., благодаря вліянію дна и берега.

Правильность суточнаго хода температуры воды обыкновенно нарушается неперіодическими колебаніями въ состояніи погоды; въ этомъ случаѣ особенное значеніе имѣетъ вѣтеръ. Онъ вліяетъ, 1) непосредственно сдувая поверхностныя частицы и предоставляя выступать на поверхность нижнимъ, болѣе холоднымъ слоямъ; 2) усиливая испареніе съ поверхности, и 3) производя волны съ брызгами и этимъ путемъ перемѣшивая частицы до нѣкоторой глубины. Сдуваніе поверхностнаго слоя пріобрѣтаетъ особенное значеніе у прибрежій внутреннихъ глубокихъ морей, гдѣ въ этомъ случаѣ отклоненія температуры въ сутки могутъ доходить лѣтомъ до 7°—8°. Подобныя отклоненія замѣчаются, напр., на южномъ берегу Крыма лѣтомъ при береговомъ вѣтрѣ, въ Одессѣ [69]) и т. д. Въ Каспійскомъ морѣ у восточнаго прибрежья лѣтомъ большею частью наблюдаются болѣе низкія температуры поверхности моря, чѣмъ у западнаго прибрежья; это обстоятельство вполнѣ объясняется господствующими тамъ береговыми восточными вѣтрами. Теченія моря имѣютъ подобное же вліяніе на температуру поверх-

ности, какъ и вѣтеръ. Всякое теченіе имѣетъ стремленіе уклоняться въ сѣверномъ полушаріи вправо, а въ южномъ влѣво (подъ вліяніемъ вращенія земли около оси), а потому нижнія, болѣе глубокія частицы получаютъ доступъ къ поверхности въ сѣверномъ полушаріи на лѣвомъ краю теченія, а въ южномъ полушаріи на правомъ, и производятъ такимъ образомъ соотвѣтственныя отклоненія температуръ на поверхности.

По наблюденіямъ Клоссовскаго въ Одессѣ при южномъ теченіи получается пониженіе температуры у берега до $4^1/_2°$ Ц. отъ полдня до 6 час. веч. (въ іюлѣ). Пущинъ [70]) даетъ для Петровскаго рейда на Каспійскомъ морѣ при южномъ теченіи въ іюлѣ пониженіе съ полдня до 8 час. веч. почти на 12° Ц.

Подобно тому, какъ суточная періодичность въ нагрѣваніи производитъ правильныя суточныя колебанія въ температурѣ поверхности моря, годовая періодичность служитъ причиною правильныхъ годовыхъ колебаній.

Наиболѣе теплые и наиболѣе холодные мѣсяцы для поверхности моря также наступаютъ значительно позже наибольшаго и наименьшаго нагрѣванія въ году. По изслѣдованіямъ Шотта [71]) въ сѣверномъ умѣренномъ поясѣ самая теплая поверхность въ открытомъ океанѣ бываетъ вообще въ августѣ, но въ нѣкоторыхъ мѣстахъ нагрѣваніе затягивается и до октября, самая же холодная вода въ февралѣ и мартѣ. Во внутреннихъ моряхъ высокихъ сѣверныхъ широтъ максимумъ температуры приходится на іюль — августъ. Разность между средними температурами наиболѣе теплаго и наиболѣе холоднаго мѣсяцевъ въ году называютъ годовою амплитудою. Величина ея въ океанахъ и моряхъ зависитъ отъ широты и метеорологическихъ и гидрографическихъ условій. Въ тропикахъ она около 2° Ц., увеличивается до широтъ 30°—40°, гдѣ она достигаетъ максимума (8°—10° въ сѣв. полуш.) и затѣмъ въ болѣе высокихъ широтахъ она опять уменьшается, напр., на параллели м. Горна (55° ю. ш.) амплитуда 2°. При сравненіи же полушарій оказывается, что въ сѣверныхъ умѣренныхъ широтахъ

амплитуда болѣе (почти на 5°), чѣмъ въ южныхъ. Амплитуды также больше въ области муссонныхъ теченій, чѣмъ въ другихъ соотвѣтственныхъ по широтѣ мѣстахъ. Причиною максимальныхъ амплитудъ въ шир. 40° Шоттъ считаетъ максимальную ясность неба въ этихъ широтахъ и связанную съ этимъ бо́льшую лучеиспускательную способность воздуха.

Во внутреннихъ моряхъ аплитуды болѣе, чѣмъ въ океанахъ, такъ какъ эти бассейны подвержены въ значительной степени климатическимъ вліяніямъ материка; въ замерзающихъ бассейнахъ зимою умѣренныхъ широтъ амплитуда болѣе, чѣмъ въ незамерзающихъ. Амплитуда въ Красномъ морѣ 11°—13° Ц., въ Средиземномъ 10°—14°, въ Желтомъ, Японскомъ и Черномъ моряхъ 20°—24° Ц., но въ болѣе высокихъ широтахъ она меньше, какъ напр., въ Балтійскомъ морѣ 17°, въ Бѣломъ до 15° Ц., потому что здѣсь лѣтомъ температура не можетъ достигнуть такой величины, какъ напр., въ Черномъ морѣ.

Дж. Мёррей составилъ по даннымъ Лондонскаго метеорологическаго бюро карту абсолютныхъ годовыхъ амплитудъ для океановъ и морей. Само собою разумѣется, эти амплитуды должны быть больше, чѣмъ среднія годовыя, и если на картѣ Мёррея встрѣчаемъ въ этомъ случаѣ нѣкоторыя исключенія (какъ напр., западнѣе области Галапагосскихъ острововъ), то надо полагать, что это обстоятельство скорѣе слѣдствіе недостаточной точности данныхъ, чѣмъ выраженіе дѣйствительнаго положенія вещей. Въ общемъ же карта Мёррея обнаруживаетъ, какъ и карта Шотта среднихъ годовыхъ амплитудъ, двойную максимальную зону въ шир. около 40° и уменьшеніе отсюда абсолютной амплитуды въ направленіи къ тропикамъ и къ полярнымъ странамъ, только прибрежныя области абсолютныхъ амплитудъ шире, чѣмъ среднихъ годовыхъ, особенно въ южныхъ широтахъ.

Абсолютная максимальная температура по Мёррею 35°,6 Ц. въ сѣверной части Персидскаго залива, минимальная же въ

полярныхъ бассейнахъ —3°,3 Ц. Наибольшее колебаніе температуръ въ шир. 50° замѣчается недалеко отъ береговъ Новой Шотландіи, именно отъ —2°,2 Ц. до 26°,7 Ц., въ шир. 40° — въ Японскомъ морѣ отъ —1°,8 Ц. до 27°,5 Ц. Причины такихъ значительныхъ годовыхъ колебаній Мёррей сводитъ на переходъ лѣтомъ тропическихъ теплыхъ водъ въ область, гдѣ зимою вода замерзаетъ.

Суточныя и годовыя амплитуды распространяются и до нѣкоторой глубины, въ зависимости отъ прозрачности водъ, распредѣленія солености съ глубиною, величины амплитуды на поверхности и теплопроводности. Чѣмъ прозрачнѣе воды, тѣмъ до большой глубины достигаютъ непосредственно солнечные лучи и слѣдовательно тѣмъ до большей глубины проникаютъ суточныя и годовыя колебанія температуръ. Теплопроводность водъ не велика и потому она играетъ малую роль въ данномъ вопросѣ. Другое дѣло величина амплитудъ на поверхности и распредѣленіе солености, вліяющее на глубину конвекціонныхъ токовъ, которыми поверхностныя температуры переносятся непосредственно на бо́льшія или меньшія глубины. Если соленость съ глубиною не измѣняется, то частицы безпрепятственно могутъ погружаться въ глубину; если же соленость съ глубиною быстро увеличивается, то глубина температурныхъ колебаній въ этомъ случаѣ несравненно меньше, чѣмъ въ первомъ случаѣ.

Въ настоящее время мы немного имѣемъ данныхъ для сужденія о глубинѣ суточныхъ и годовыхъ колебаній въ температурѣ океановъ и морей. Изъ нѣсколькихъ наблюденій на Challenger'ѣ, Buccaneer, Gazelle и Romanche, произведенныхъ въ разное время года въ поясѣ 3° сѣв. — 3° ю. ш. и 15°—17° зап. долг., оказывается что температуры въ мартѣ—апрѣлѣ почти равны температурамъ въ августѣ—октябрѣ (ср. 8°,8 Ц.) на глубинѣ около 200 саж. (400 м.), т. е. на этой глубинѣ уже изчезаютъ годовыя колебанія. Въ тоже время наблюденія Buccaneer въ январѣ 1886 г. и Challenger'а въ

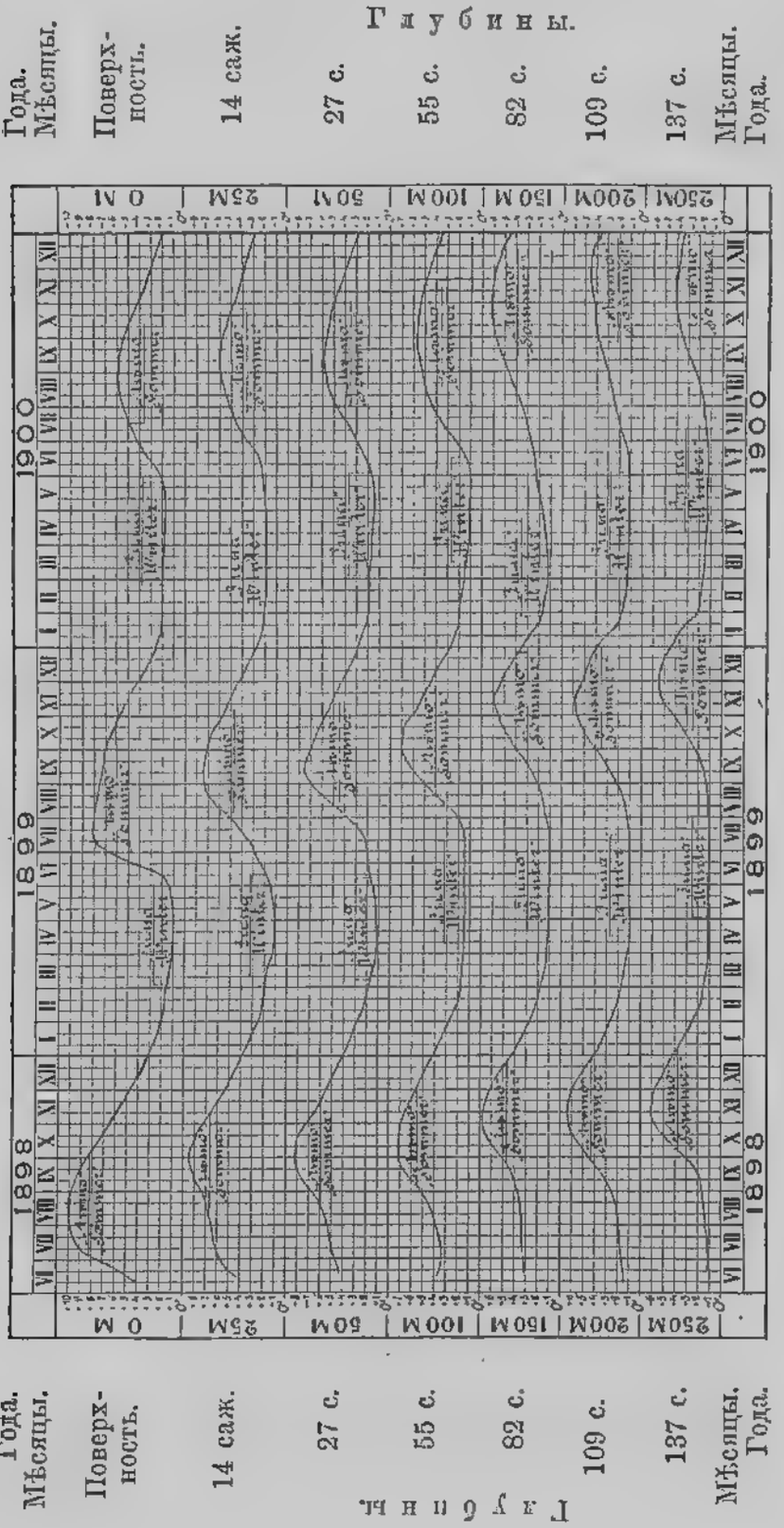
августѣ 1873 г. почти въ томъ же мѣстѣ (5°48′ с. ш. 14°23′ з. д.) дали одну и туже температуру 13°,4 Ц. уже на глубинѣ 100 саж., тогда какъ въ этомъ же мѣстѣ на этой глубинѣ на Waterwitch въ сентябрѣ 1894 г. наблюдали 13°,9 Ц., а на глубинѣ 150 саж. только на 0,2 болѣе, чѣмъ на Challenger'ѣ. Но наблюденія Waterwitch (1895 г.) въ маѣ и Egeria (1888 г.) въ ноябрѣ въ шир. 19° южн. и долготѣ 178° вост. показываютъ еще разницу температуръ (болѣе $^1/_2$° Ц.) на глубинѣ 300 саж. Надо однако полагать, что разности являются въ данныхъ случаяхъ въ большей степени отъ неперіодическихъ колебаній изъ года въ годъ, чѣмъ отъ годового хода.

По наблюденіямъ Эме въ Средиземномъ морѣ, гдѣ соленость довольно однообразная по вертикальному направленію, суточныя колебанія между Алжиромъ и Марселью достигаютъ до глубины 10 саж., а годовая амплитуда до 150—200 саж. Пречтвичъ [72]) даетъ для Средиземнаго моря глубину годовой амплитуды 190 саж. (именно на поверхности 10°,2, на глубинѣ 27 саж. — 2°,8, 55 саж. — 2°,0, 110 саж. — 1°,0, и на глубинѣ 190 саж. 0°,0).

Въ Мраморномъ морѣ соленость быстро возрастаетъ съ глубиною, но такъ какъ это возрастаніе происходитъ, главнымъ образомъ, лишь до глубины 25 саж., то оно вліяетъ мало на обмѣнъ теплоты на большихъ глубинахъ въ теченіе года, но все же, судя по наблюденіямъ на „Taurus“ въ маѣ и „Selanik“ въ октябрѣ 1894 г. глубина годовой амплитуды здѣсь должна быть менѣе, чѣмъ въ Средиземномъ морѣ. Въ Черномъ морѣ возрастаніе солености происходитъ и на глубинахъ 100 и болѣе саж., и здѣсь глубина годовой амплитуды не болѣе 100 саж. [73]).

Въ Сѣв. Ледовитомъ океанѣ, у Мурманскаго прибрежья, изслѣдованія Книповича показываютъ еще значительную годовую амплитуду (3°—5° Ц.) на глубинѣ около 140 саж., причемъ максимумъ температуры на этой глубинѣ наступаетъ мѣсяца на 2—3 позже, чѣмъ на поверхности. Кромѣ запаздыванія лѣта на глубинахъ, графикъ г. Книповича (чер. 206)

обнаруживаетъ еще и значительную разницу температуръ въ разные годы [74]).

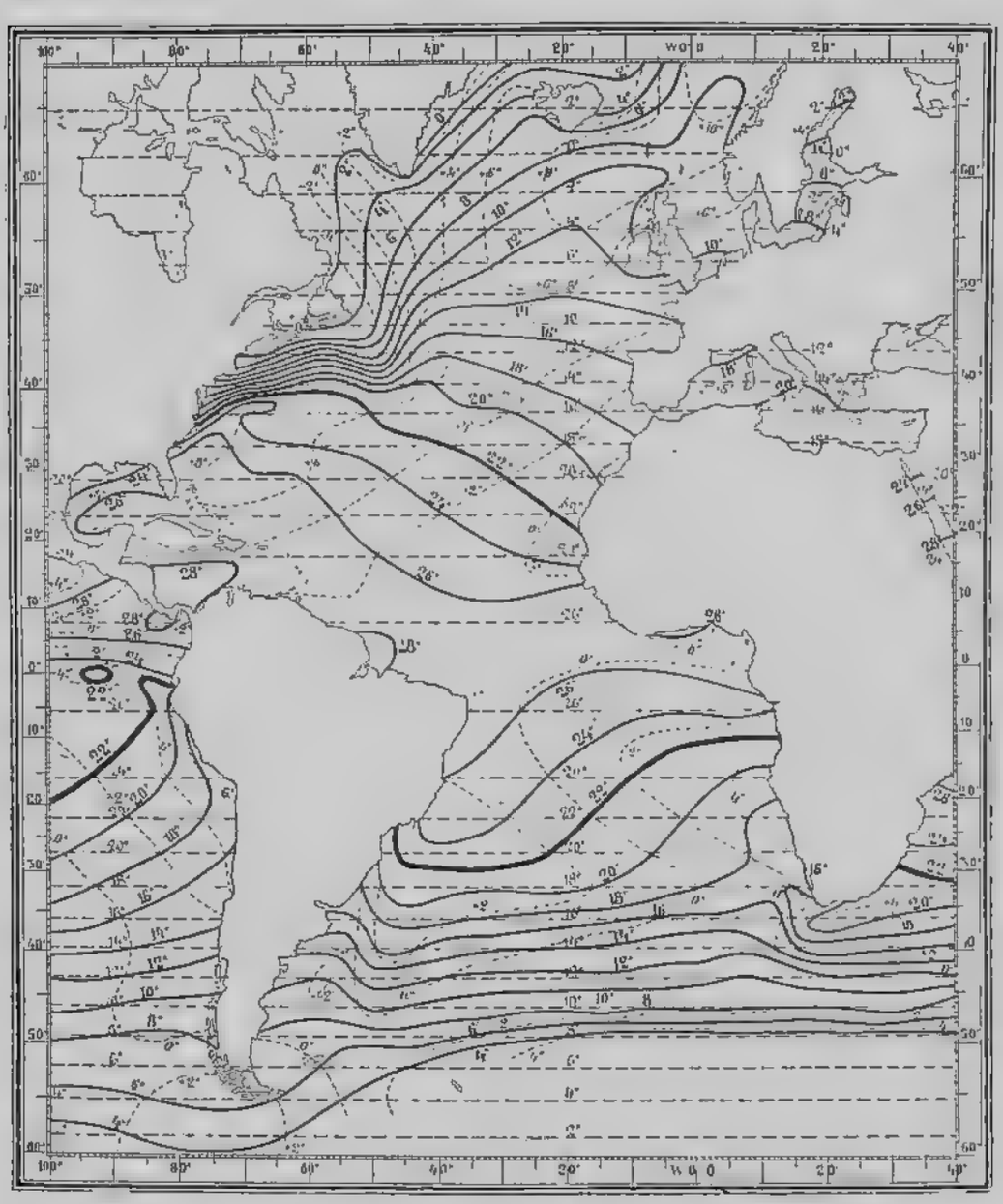


Чер. 206. Годовой ходъ температуры на различныхъ глубинахъ передъ входомъ въ Мотовскій заливъ (по Книповичу).

Распредѣленіе температуры въ океанахъ и моряхъ. Наглядную картину распредѣленія температуръ воды по горизонтальному направленію получаютъ путемъ проведенія линій равныхъ температуръ, такъ называемыхъ изотермъ; изотермы на глубинахъ называютъ изотермобатами. Если рѣчь идетъ о распредѣленіи температуры моря въ среднемъ за мѣсяцъ или за годъ, то вычисляютъ среднія мѣсячныя или годовыя температуры для квадратныхъ поверхностей въ 5° въ океанахъ и 2° или менѣе въ моряхъ, полагая такимъ образомъ, что каждый такой квадратъ представляетъ собою какъ бы одну морскую наблюдательную станцію, и затѣмъ проводятъ уже изотермы и получаютъ изотермическія карты мѣсячныя и годовую. Обыкновенно составляютъ такія карты лишь для нѣкоторыхъ мѣсяцевъ, напр., наиболѣе теплаго и наиболѣе холоднаго.

Температура на поверхности океановъ. По картѣ годовыхъ изотермъ, составленной въ 1898 г. Кеппеномъ на основаніи мѣсячныхъ изотермъ и другихъ данныхъ, публикованныхъ въ изданіяхъ различныхъ метеорологическихъ учрежденій [75]), распредѣленіе температуры на поверхности океановъ въ среднемъ годовомъ выводѣ обнаруживаетъ поясъ максимальной температуры 28° Ц. около экватора и немного сѣвернѣе его (чер. 207—209). Отъ этого пояса температура убываетъ къ сѣверу и къ югу, но пониженіе съ увеличеніемъ широты идетъ неравномѣрно и изотермы отклоняются отъ параллелей, особенно въ сѣверномъ полушаріи. На границѣ тропиковъ температура вообще не ниже 20°—22° Ц., при чемъ вся область, ограниченная съ сѣвера и съ юга изотермою 20° Ц., шире въ западной части океановъ, чѣмъ въ восточной. Въ умѣренныхъ широтахъ сѣвернаго полушарія согрѣтыя воды занимаютъ, наоборотъ, большее пространство въ восточной части океановъ, уступая мѣсто холоднымъ въ западной части, особенно въ Атлантическомъ океанѣ; такъ, въ восточной его части весь умѣренный поясъ (отъ тропика Рака до сѣвернаго полярнаго круга) ограниченъ изотермами 8°—22°, тогда какъ въ

западной части эти же изотермы тѣснятся на протяженіи всего 7° по широтѣ (отъ 36° до 43° сѣв. шир.).



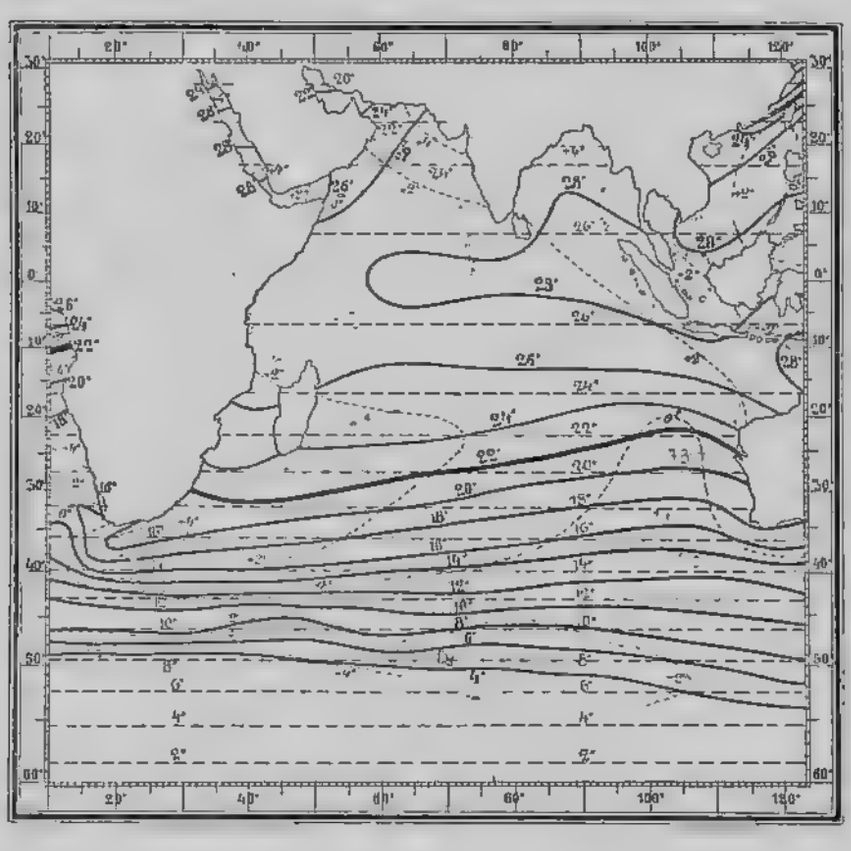
Чер. 207. Распредѣленіе температуры на поверхности Атлантическаго океана.

———— годовые изотермы.
. . . . . изаномалы.
— — — — параллели нормальныхъ температуръ.

Въ южномъ полушаріи изотермы температуры ниже 20° Ц. почти слѣдуютъ въ своемъ ходѣ параллелямъ, отклоняясь лишь

немного къ экватору вдоль западныхъ береговъ Африки и южной Америки.

Отклоненія изотермъ отъ параллелей объясняются главнымъ образомъ вліяніемъ постоянныхъ морскихъ теченій. Въ сѣверномъ полушаріи теплыя теченія (Гольфстримъ, Куро-Сиво), исходя изъ западныхъ тропическихъ областей, распро-

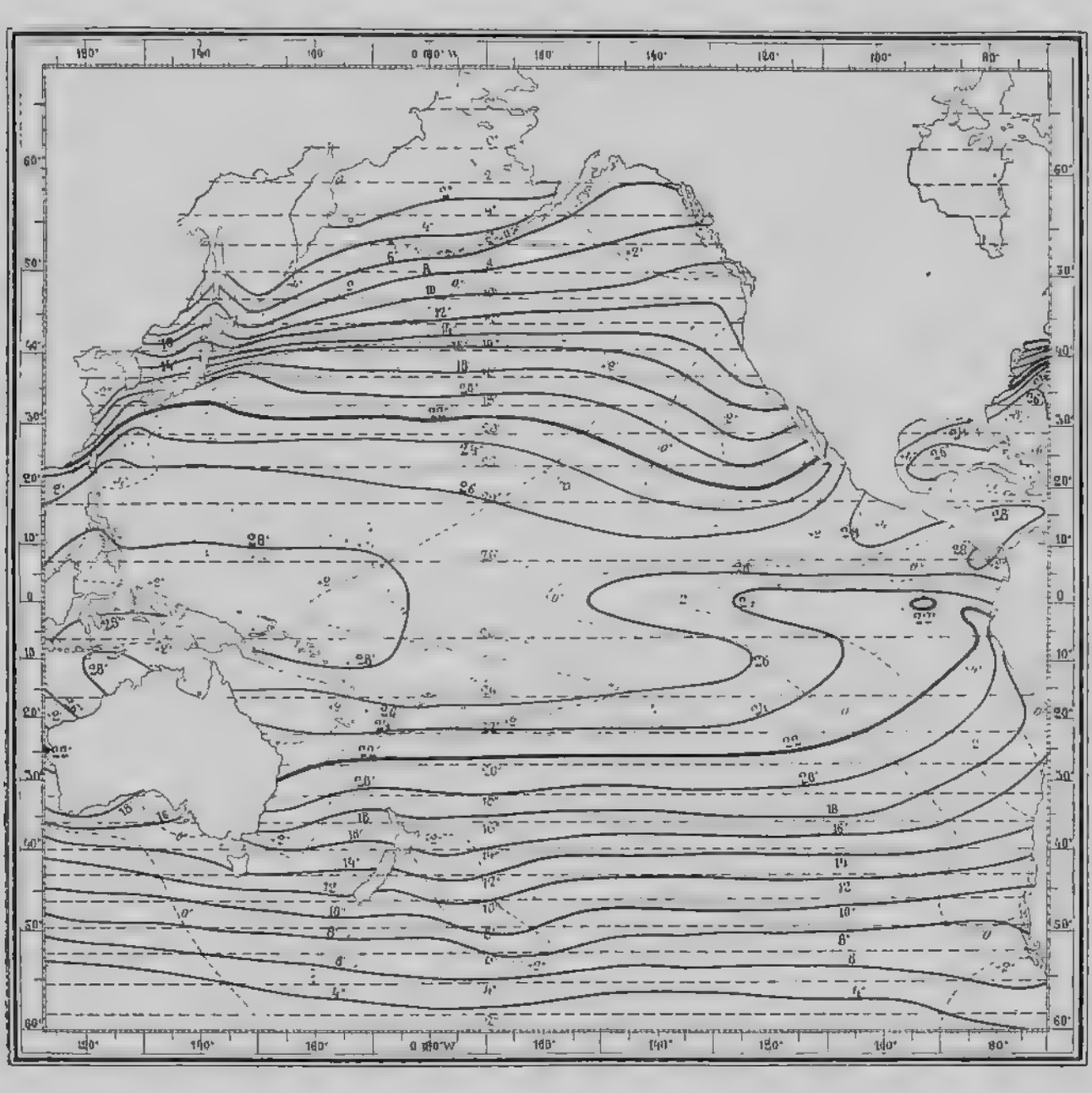


Чер. 208. Распредѣленіе температуры на поверхности Индійскаго океана.
——————— годовые изотермы.
. . . . . изаномалы.
— — — — параллели нормальныхъ температуръ.

страняются далеко въ восточныя умѣренныя области; въ южномъ же полушаріи восточныя области океановъ, именно западныя прибрежья южной Америки и Африки омываются холодными теченіями (Перуанское и Южно-Африканское).

Наглядное представленіе о вліяніи теченій, равно какъ и мѣстныхъ гидрографическихъ и климатическихъ условій на температуру поверхности моря даетъ карта изаномалъ, т. е.

линій равныхъ отклоненій средней температуры въ каждомъ данномъ мѣстѣ отъ нормальной годовой температуры параллели



Чер. 209. Распредѣленіе температуры на поверхности Тихаго океана.
——— годовые изотермы.
. . . . . изаномалы.
— — — — параллѣли нормальныхъ температуръ

мѣста. Подобныя изаномалы построены Кеппеномъ на картѣ годовыхъ изотермъ (чер. 207—209, пунктирныя кривыя).

Для полученія нормальныхъ температуръ параллелей Кеппенъ, исходя изъ положенія, что разница между годовыми температурами воздуха и поверхности моря мала, воспользовался вычисленными Зенкеромъ нормальными температурами воздуха для параллелей и поправками для перехода къ температурѣ поверхности моря. На картѣ избытокъ тепла надъ нормальною температурою выраженъ положительными изаномалами (со знакомъ +), а недочетъ тепла — отрицательными (со знакомъ —). Первыя, какъ видно на картахъ, окружаютъ области теплыхъ теченій, а послѣднія — области холодныхъ теченій и нѣкоторыя прибрежныя мѣстности.

Наиболѣе обширная и мощная область съ положительными изаномалами находится въ Сѣв. Атлантическомъ океанѣ, благодаря обширному распространенію Гольфстрима; въ области этой находимъ и наибольшій избытокъ тепла (10° у сѣв.-зап. береговъ Европы); ничего подобнаго въ другихъ мѣстахъ не замѣчается. Въ Тихомъ океанѣ соотвѣтственное Гольфстриму теченіе Куро-Сиво далеко не имѣетъ такого значенія оттого, что Тихій океанъ гораздо обширнѣе Атлантическаго.

Наибольшее пониженіе температуръ замѣчаемъ въ области Перуанскаго или Гумбольдтова теченія у западныхъ береговъ Южной Америки (—6°). Пониженіе температуры у Перуанскаго берега обусловлено, однако, не только притокомъ холоднаго теченія съ юга, но несомнѣнно и поднятіемъ холодной воды съ глубинъ на окраинѣ теченія, отклоняющагося здѣсь все болѣе и болѣе къ западу; пониженію температуры здѣсь благопріятствуютъ также и туманы въ теченіе 3—4 мѣсяцевъ въ году, задерживающіе нагрѣваніе водъ.

Въ сѣверномъ полушаріи въ весьма неблагопріятныхъ термическихъ условіяхъ находятся прибрежныя воды на востокѣ С. Америки и Азіи. Вдоль береговъ С. Америки идетъ Лабрадорское теченіе, несущее массу холодной воды изъ Сѣвернаго Ледовитаго океана и сѣверо-американскаго архипелага, и этимъ теченіемъ вполнѣ можно объяснить мѣстное пониженіе темпе-

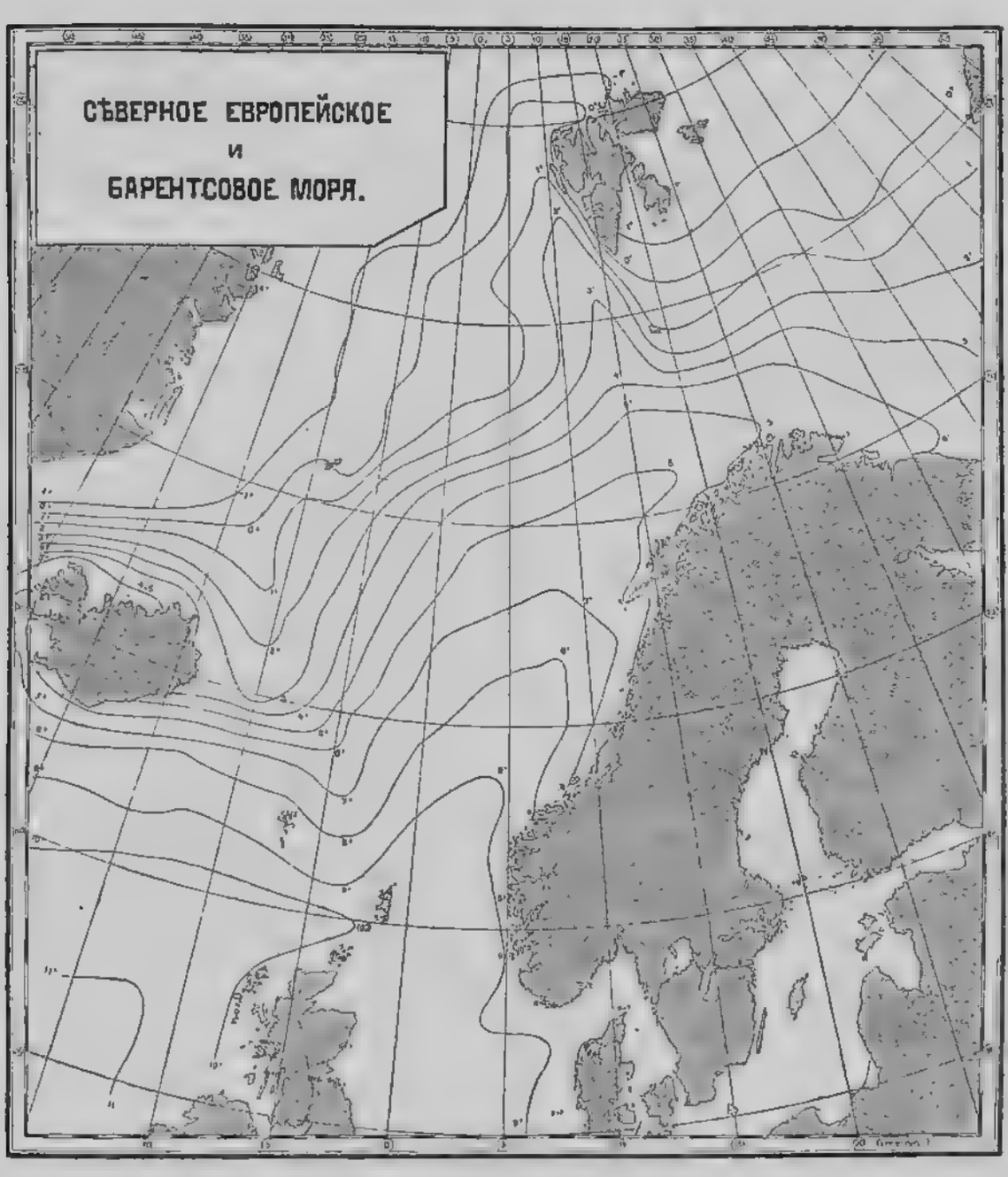
ратуры прибрежныхъ водъ; но, по мнѣнію Кеппена, источникомъ холода въ полосѣ южнѣе Новой Шотландіи слѣдуетъ считать поднятіе глубинныхъ водъ на поверхность, вслѣдствіе уноса поверхностныхъ водъ господствующими вѣтрами съ материка и постепеннаго отклоненія Гольфстрима къ востоку.

На восточномъ прибрежьи Азіи не существуетъ подобнаго теченія, какъ Лабрадорское. Охотское море, хотя по своимъ климатическимъ особенностямъ можетъ быть причислено къ полярнымъ морямъ, даетъ, однако, начало холоднымъ теченіямъ, далеко уступающимъ Лабрадорскому, такъ что едва ли можно признавать вліяніе ихъ на прибрежья Амурской области. Холодныя воды послѣдней, по всей вѣроятности, происходятъ изъ глубокихъ слоевъ Японскаго моря въ то время, когда упорные сѣверо-западные вѣтры сгоняютъ поверхностный слой; эти вѣтры начинаютъ здѣсь дуть жестоко уже съ осени, смѣнялсь лишь на лѣто южными вѣтрами, но послѣдніе сравнительно слабы, такъ что не въ состояніи вознаградить зимнюю потерю тепла, притомъ же лѣтомъ, особенно въ іюлѣ, господствуютъ туманы, задерживающіе нагрѣваніе.

Господство тѣхъ же сѣверо-западныхъ вѣтровъ большую часть года на Охотскомъ морѣ, накопленіе льдовъ за зиму и недостаточное нагрѣваніе лѣтомъ, вслѣдствіе господства тумановъ и ненастныхъ погодъ, и составляетъ причину полярнаго характера этого моря, несмотря на сравнительно южное географическое его положеніе (50°—60° с. ш.). Даже въ августѣ мѣсяцѣ въ южной части Охотскаго моря всего около 7° Ц.; такая низкая температура на сѣверѣ Тихаго океана встрѣчается только въ сѣверо-восточной части Беринговаго моря.

Выше мы уже упомянули, что въ сѣверномъ Атлантическомъ океанѣ замѣчается наибольшій избытокъ тепла въ поверхностныхъ водахъ, но надо указать, что и вообще сѣверныя части океановъ Атлантическаго и Тихаго теплѣе соотвѣтственныхъ широтъ южныхъ, что происходитъ отъ болѣе сильнаго развитія SO пассата, нагоняющаго массу южной тропической

воды въ сѣверное полушаріе и тѣмъ усиливающаго теплыя теченія послѣдняго. Линія термическаго раздѣла полушарій,

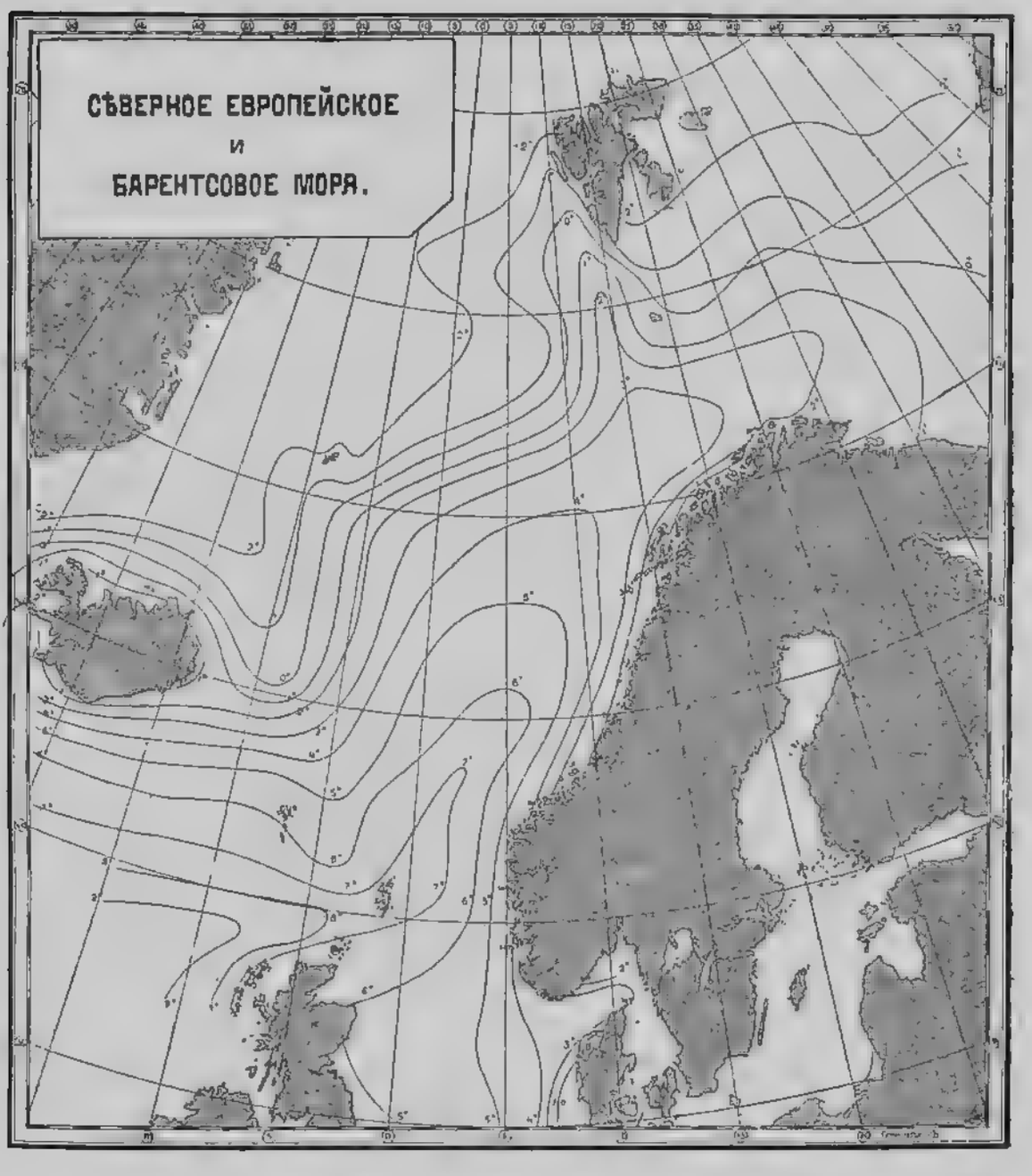


Чер. 210. Годовыя изотермы поверхности моря (по Мону).

т. е. термическій экваторъ проходитъ по параллели 6°—7° сѣверной широты.

Въ Индійскомъ океанѣ SO пассатъ лѣтомъ южнаго полушарія не доходитъ до экватора градусовъ на 10 по широтѣ,

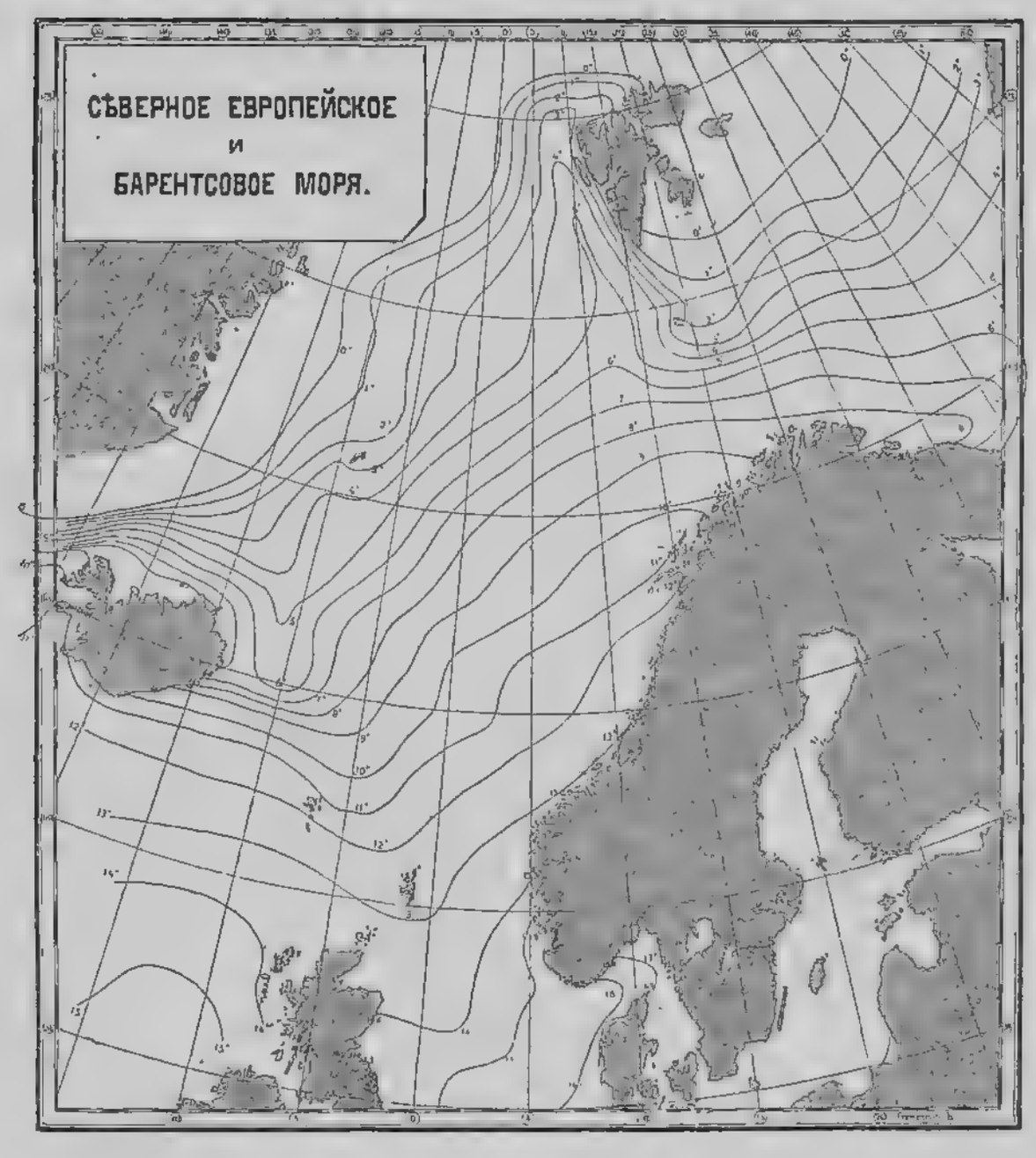
замѣняясь здѣсь теченіемъ съ сѣвера, и потому самыя теплыя воды въ этомъ океанѣ въ среднемъ за годъ имѣютъ мѣсто почти на экваторѣ.



Чер. 211. Изотермы поверхности моря въ мартѣ (по Мону).

Что касается измѣненій въ ходѣ изотермъ въ теченіе года, то они незначительны въ тропическихъ водахъ океановъ; въ самые теплые мѣсяцы средняя температура на поверхности не

превышаетъ 30° Ц., и то лишь въ прибрежныхъ мѣстахъ океановъ (у Персидскаго залива въ маѣ и у западнаго берега цен-



Чер. 212. Изотермы поверхности моря въ августѣ (по Мону).

тральной Америки въ ноябрѣ). Въ умѣренныхъ же широтахъ вся система изотермъ, слѣдуя ходу нагрѣванія, перемѣщается къ августу къ сѣверу, а къ февралю — къ югу, при чемъ въ

прибрежныхъ областяхъ мѣняется изгибъ изотермъ, обнаруживая климатическое вліяніе берега.

Для полноты обзора температуръ на поверхности океановъ прилагаемъ еще карты изотермъ для Сѣв. Европейскаго и Баренцова морей, наиболѣе изслѣдованныхъ частей Сѣв. Ледовитаго океана. Здѣсь мы встрѣчаемся уже съ температурами близкими къ точкѣ замерзанія морскихъ водъ. Воды Гренландіи и восточнаго Шпицбергена окружены изотермою —1° Ц. (чер. 210). Высшія температуры въ среднемъ годовомъ выводѣ имѣютъ мѣсто въ нѣкоторомъ разстояніи отъ береговъ Норвегіи, по линіи почти параллельной берегу и съ изгибомъ на сѣверѣ къ западному берегу Шпицбергена; это линія теплѣйшей воды Гольфстрима. Полярныя воды нажимаютъ къ югу по восточную сторону Исландіи и Шпицбергена. Подобную же картину распредѣленія тепла, только съ болѣе низкими температурами (до —2° и ниже на крайнемъ сѣверѣ), видимъ и въ мартѣ (чер. 211), наиболѣе холодномъ мѣсяцѣ для водъ сѣверо-запада и сѣвера Европы, тогда какъ въ августѣ, самомъ тепломъ мѣсяцѣ, линія теплѣйшихъ водъ располагается по берегу Скандинавіи (чер. 212). Въ Гренландскихъ водахъ и по восточную сторону Шпицбергена температуры въ августѣ все еще ниже 0°; столь низкая лѣтняя температура объясняется постояннымъ присутствіемъ здѣсь плавающихъ льдовъ *).

*) Для сопоставленія по широтамъ температуры на поверхности Атлантическаго, Тихаго и Индійскаго океановъ приводимъ слѣдующую табличку изъ Meteor. Papers, № 12. Board of Trade:

Широта.	Атлан. ок.	Тихій ок.	Индійск. ок.
60—50 сѣв.	10,9	—	—
50—40 »	14,2	11,7	—
40—30 »	19,4	17,4	—
30—20 »	23,9	22,7	—
20—10 »	25,4	26,7	27,3
10— 0 »	26,9	26,9	28,0
0—10 юж.	25,2	25,6	27,0
10—20 »	22,8	24,3	26,6
20—30 »	20,8	21,9	22,4
30—40 »	16,8	16,5	16,8
40—50 »	10,7	10,9	10,0
50—60 »	3,9	(7,2)	3,0

Распредѣленіе температуры на глубинахъ. Можно принять за общее правило для всѣхъ океановъ, что въ умѣренномъ и тропическомъ поясахъ и лѣтомъ въ холодномъ температура по вертикальному направленію понижается и тѣмъ быстрѣе, чѣмъ ближе къ поверхности и чѣмъ болѣе нагрѣта послѣдняя *). Такъ, наибольшее пониженіе температуры имѣетъ мѣсто въ тропическихъ водахъ, въ слоѣ отъ поверхности до глубины 100—200 саж. Начиная же съ глубинъ 300—500 саж. и до $1\frac{1}{2}$—2 тыс. саж. пониженіе замедляется все болѣе и болѣе и, наконецъ, на бо́льшихъ глубинахъ оно едва замѣтно и мѣстами даже прекращается. Прилагаемый графикъ (чер. 213) даетъ достаточное представленіе [76]) о ходѣ температуры по вертикальному направленію въ среднемъ выводѣ въ различныхъ широтныхъ зонахъ между параллелями 40° сѣв.—40° южн. шир., и лѣтомъ въ Сѣв. Ледовитомъ океанѣ въ шир. 65°—70° сѣв. въ мѣстахъ, гдѣ глубины болѣе 1000 саж.

Въ Атлантическомъ океанѣ паденіе температуры съ глубиною въ южномъ умѣренномъ поясѣ (20°—40° шир.) идетъ почти столь же быстро, какъ и въ тропикахъ (20° с. ш.—20° ю. ш.); и здѣсь и тамъ средняя температура въ открытомъ океанѣ на глубинѣ 100 саж. около 14° Ц., а на глубинѣ 300 саж. 7° Ц., тогда какъ подобныя температуры въ сѣв. поясѣ (20°—40° ш.) встрѣчаются въ среднемъ только глубже 200 саж. и 500 саж. Глубже 300 саж. воды южнаго пояса холоднѣе тропическихъ, послѣднія же холоднѣе водъ сѣвернаго пояса почти до глубинъ 1000 саж.

Въ Тихомъ океанѣ, наоборотъ, воды южнаго пояса на однѣхъ и тѣхъ же глубинахъ теплѣе сѣверныхъ водъ, а въ

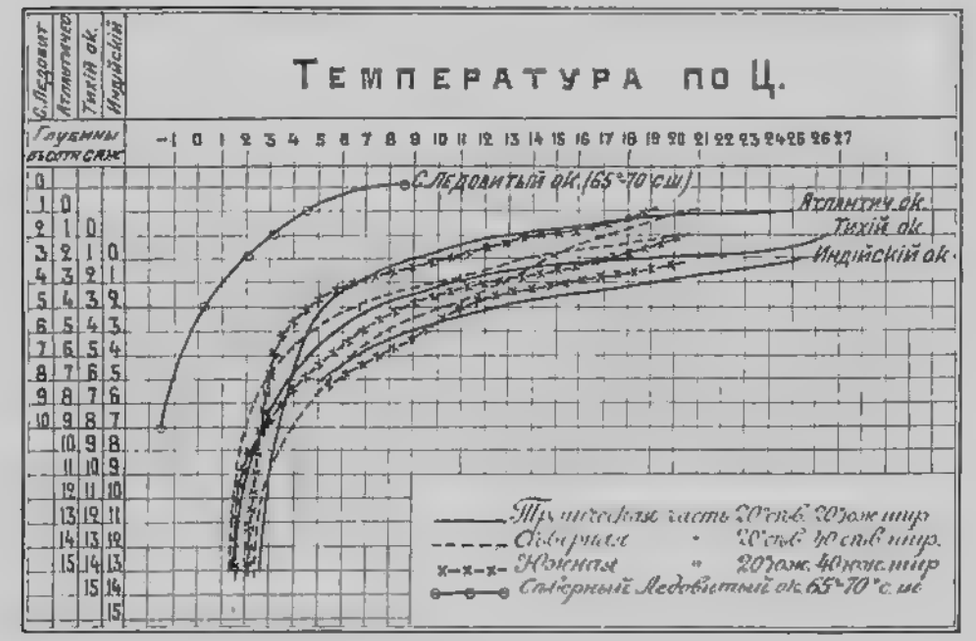
---

*) Слѣдующая табличка Бухана показываетъ среднія температуры на различныхъ глубинахъ:

Глубины въ саж.	100	200	300	400	500	700	900	1000	1500	2200
Температура по Ц.	15°,9	10°,1	7°,1	5°,4	4°,5	3°,4	2°,7	2°,5	1°,8	1°,8

слоѣ 100—1000 саж. даже теплѣе тропиковъ. Въ Индійскомъ океанѣ только до глубины 250 саж. вода тропиковъ теплѣе водъ южной зоны (20°—40° южн. шир.).

Въ общемъ, во всѣхъ трехъ океанахъ, Атлантическомъ, Тихомъ и Индійскомъ, въ поясѣ 40° сѣв.—40° южн. шир., глубже 1500 саж. среднія температуры ниже 2°—3° Ц.; подобнаго охлажденія на поверхности вода можетъ достигать только въ высокихъ широтахъ въ зимнее время.



Чер. 213. Общій ходъ температуры океановъ по вертикальному направленію.

Въ С. Ледовитомъ океанѣ лѣтомъ глубже 600 саж. температура въ среднемъ ниже 0°, а на глубинѣ 1000 саж. ниже —1° Ц.

Придонныя температуры въ извѣстной степени зависятъ отъ глубины, но глубже $1^1/_2$ тыс. саж. въ океанскомъ ложѣ температуры у дна, въ поясѣ 40° с. — 40° ю. шир., довольно однообразны и колеблются между 3° и 0°, въ высшихъ же широтахъ спускаются ниже 0°, а въ полярныхъ бассейнахъ

близки даже къ точкѣ замерзанія морской воды, т. е. около —2° Ц.

Низкія температуры глубинъ въ полярныхъ широтахъ легко могутъ быть объяснены мѣстнымъ зимнимъ охлажденіемъ поверхности. Это охлажденіе доходитъ до —2°, —3° Ц. Охлаждающіяся частицы, становясь плотнѣе, погружаются на глубины, и этимъ путемъ происходитъ охлажденіе послѣднихъ. Но откуда можетъ произойти холодъ на глубинахъ въ малыхъ широтахъ, гдѣ охлажденіе поверхности незначительно и во всякомъ случаѣ не простирается даже до тѣхъ температуръ, которыя наблюдаются на сравнительно небольшой уже глубинѣ.

Низкія температуры здѣсь не могутъ происходить отъ вліянія дна, такъ какъ температура въ твердой земной корѣ увеличивается, начиная съ глубины, на которой уже исчезаютъ суточныя и годовыя колебанія; неосновательно также было бы объяснять происхожденіе низкихъ температуръ на днѣ въ тропикахъ теплопроводностью воды, такъ какъ послѣдняя крайне мала и при томъ съ такимъ объясненіемъ не согласовалось бы явленіе, о которомъ будетъ сказано ниже, именно, явленіе постоянства температуры начиная съ извѣстной глубины въ глубокихъ тропическихъ моряхъ, отдѣленныхъ отъ океана подводными возвышенностями. Источникомъ холода на глубинахъ въ низшихъ широтахъ надо, повидимому, признать полярныя воды, находящіяся въ болѣе или менѣе свободномъ сообщеніи со всѣми океанами. Вліяніе этихъ водъ можно представить себѣ не иначе, какъ путемъ постояннаго притока ихъ на глубинѣ въ низшія широты. Какъ бы медленно ни двигались полярныя воды въ низшія широты, но, продолжая безостановочно это движеніе въ теченіе многихъ тысячелѣтій съ тѣхъ поръ, какъ на земномъ шарѣ обозначились климатическія различія поясовъ, этого одного движенія достаточно для доставленія холода въ тропики. Рядомъ съ такимъ притокомъ происходитъ и вертикальная циркуляція водъ. Охлажденныя въ полярныхъ стра-

нахъ на поверхности частицы погружаются на дно и затѣмъ движутся медленно къ экватору, согрѣваясь по пути на 2°—3°; на экваторѣ же нагрѣтыя поверхностныя частицы движутся къ полюсу, тамъ охлаждаются и опять погружаются на дно и т. д., т. е. происходитъ полное кругообращеніе водъ.

На притокъ холодныхъ полярныхъ водъ на глубинахъ въ низшія широты указывали еще въ началѣ XIX столѣтія Гумбольдтъ и Араго; оба они основывались на томъ явленіи, подмѣченномъ Франклиномъ, что при приближеніи къ отмелямъ температура на поверхности моря уменьшается. Эти ученые полагали, что означенный притокъ холодныхъ водъ происходитъ вслѣдствіе разности удѣльныхъ вѣсовъ водъ и въ видѣ теченія измѣримой скорости. Въ то же время Эрманъ и Дюмонъ-Дюрвиль высказывали мнѣніе, что притокъ водъ на глубинахъ въ тропикахъ происходитъ крайне медленно и въ видѣ неизмѣримаго теченія и вызывается испареніемъ тропическихъ водъ. Нашъ академикъ Э. Ленцъ былъ первый, подробно развившій теорію кругообращенія океанскихъ водъ. По его мнѣнію, существуетъ всеобщее движеніе водъ, въ верхнихъ слояхъ отъ экватора къ полюсамъ, а въ нижнихъ отъ полюсовъ къ экватору, и эти движенія происходятъ отъ различія температуръ и солености; при томъ Ленцъ, также какъ и Эрманъ, остерегался смѣшивать означенныя движенія съ теченіями. Въ наше время теорію Ленца вновь подняли Томсонъ, Монъ и др. и эта теорія можетъ считаться теперь господствующею. Въ доказательство ея можно привести: 1) довольно равномѣрное распредѣленіе солености и температуръ на большихъ глубинахъ, что по всей вѣроятности, обязано именно тому обстоятельству, что воды на большихъ глубинахъ одного и того же полярнаго происхожденія и 2) жизнь на глубинахъ въ тропикахъ, для чего необходимо обновленіе и вентилированіе глубинныхъ водъ, но такъ какъ условія для конвенціонныхъ токовъ въ тропикахъ не благопріятны (не то, что въ полярныхъ бассейнахъ), то обновленіе тропическихъ глубинъ должно происходить главнымъ обра-

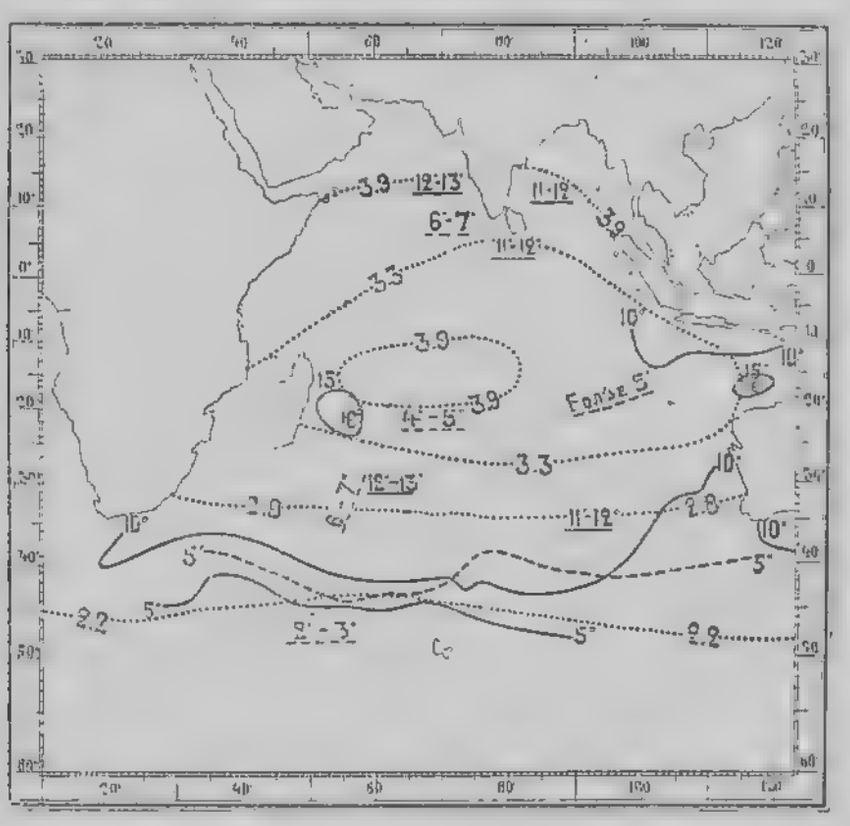
зомъ путемъ обмѣна водъ съ полярными бассейнами. Причины, однако, движенія водъ отъ полюсовъ къ экватору на большихъ

Чер. 214. Распредѣленіе температуры на глубинахъ въ Атлантическомъ океанѣ.

———— изотермы и температуры на глубинѣ 200 саж.
— — — — » » » » » 550 »
. . . . . » » » » » 1000 »

глубинахъ не достаточно еще выяснены; это движеніе происходитъ, очевидно, отъ разности давленій въ точкахъ, располо-

женныхъ на одной и той же горизонтальной поверхности, но чѣмъ именно вызывается эта разность давленій — оправдывается ли она разностью плотности полярныхъ и тропическихъ водъ, различными условіями испаренія и осадковъ и т. п. — это остается нерѣшеннымъ. Мы можемъ только сказать, что движеніе это должно быть столь медленное, что оно не ока-

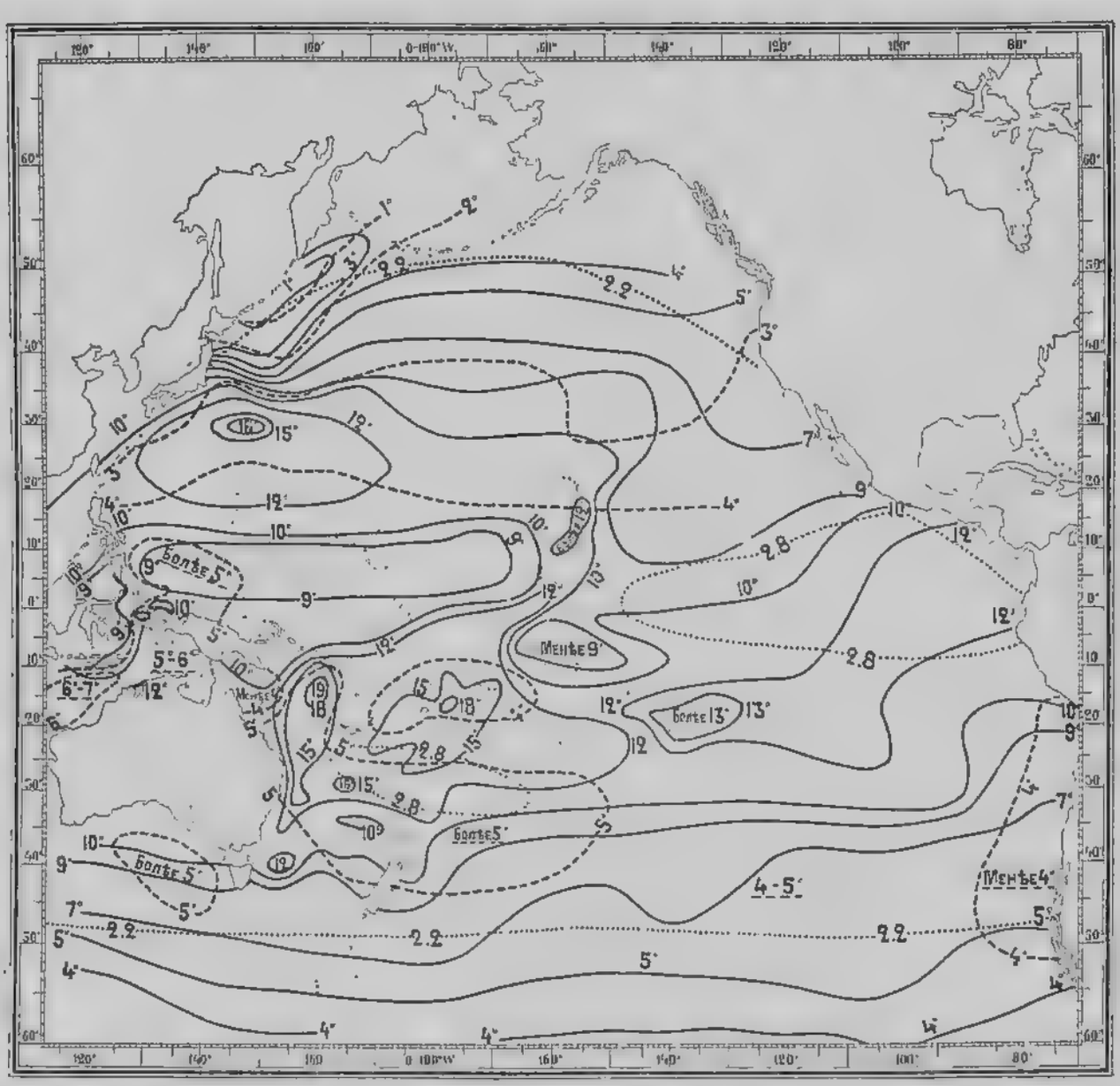


Чер. 215. Распредѣленіе температуры на глубинахъ въ Индійскомъ океанѣ.

———— изотермы и температуры на глубинѣ 200 саж.
— — — — » » » » » 550 »
. . . . . » » » » » 1000 »

зываетъ механическаго дѣйствія на илъ и мелкозернистые осадки, покрывающіе дно океановъ, какъ и на живущіе тамъ организмы, и затѣмъ, что движеніе это происходитъ на большихъ глубинахъ, тамъ, гдѣ законъ измѣненія температуръ не измѣняется поверхностными и подводными теченіями.

Общее направленіе движенія полярныхъ водъ идетъ отъ полюсовъ къ экватору, но по пути, встрѣчая самыя разнообраз-



Чер. 216. Распредѣленіе температуры на глубинахъ въ Тихомъ океанѣ.
———— изотермы и температуры на глубинѣ 200 саж.
— — · — — » » » » » 550 »
. . . . . » » » » » 1000 »

ныя условія мѣстнаго рельефа дна и мѣстной циркуляціи водъ, движеніе должно подвергаться большимъ уклоненіямъ, какъ въ горизонтальномъ, такъ и въ вертикальномъ направленіи. Ка-

кимъ путемъ доставляется наибольшая масса полярныхъ водъ, это можетъ намъ показать только детальное изученіе распредѣленія температуры на глубинахъ, что удобнѣе всего достигается путемъ проведенія изотермобатъ на различныхъ уровняхъ и на вертикальныхъ сѣченіяхъ. При имѣющихся въ настоящее время данныхъ разсматриваемый вопросъ далекъ еще отъ полнаго рѣшенія. Наблюденій глубинныхъ температуръ пока еще такъ немного, что изотермобаты на опредѣленныхъ уровняхъ не могутъ быть проведены такъ обстоятельно, какъ изотермы на поверхности; большинство глубинныхъ наблюденій относится лишь къ нѣсколькимъ линіямъ, внѣ которыхъ сужденіе о распредѣленіи температуръ сводится къ предположеніямъ, такъ что изотермобаты принимаютъ часто гадательныя направленія. Однако и при такихъ условіяхъ нельзя считать безполезнымъ попытку составленія изотермическихъ картъ для глубинъ. Такія карты въ связи съ изотермобатами на вертикальныхъ сѣченіяхъ могутъ все же послужить для выясненія по крайней мѣрѣ главныхъ особенностей движенія водъ на различныхъ глубинахъ.

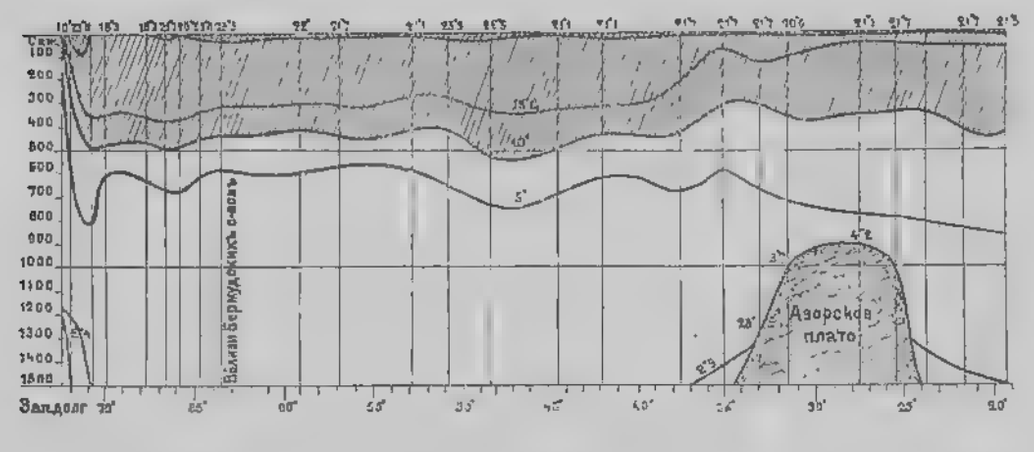
Прилагаемыя здѣсь карты изотермобатъ [77]), представляя распредѣленіе температуръ въ слояхъ глубины 200 саж., 550 саж. и 1000 саж. (чер. 214—216), приводятъ къ слѣдующимъ выводамъ *):

1) На глубинѣ 200 саж. наиболѣе теплыя воды сосредоточиваются въ западныхъ частяхъ океановъ въ поясѣ 20°—30° шир., преимущественно тамъ, гдѣ на поверхности западныя теплыя теченія поворачиваютъ въ область умѣренныхъ широтъ. У Ньюфаундленда и въ области Японскихъ и особенно Курильскихъ острововъ къ упомянутой области теплыхъ водъ (16°—18° Ц.) тѣсно примыкаетъ область минимальныхъ температуръ (1°—5° Ц.) для слоя глубины 200 саж. въ поясѣ 45°

*) Въ Индійскомъ океанѣ недостатокъ наблюденій затрудняетъ проведеніе изотермобатъ, но однако и немногія данныя, показанныя на картѣ Индійскаго океана, не противорѣчатъ общимъ нашимъ выводамъ.

сѣв. — 45° южн. шир. Здѣсь изотермобаты также тѣснятся, какъ и изотермы на поверхности въ тѣхъ же мѣстахъ, при соприкосновеніи Гольфстрима и Куро-Сивы съ холодными прибрежными водами. Сравнительно болѣе охлажденныя воды замѣчаются также у западныхъ береговъ Америки, въ области Гумбольдтова теченія, у юго-восточныхъ береговъ Южной Америки и юго-западныхъ береговъ Африки, тамъ, гдѣ и на поверхности встрѣчаются болѣе холодныя воды.

Подобное распредѣленіе тепла приводитъ къ заключенію, что на глубинѣ 200 саж. отражается еще вліяніе тѣхъ факто-



Чер. 217. Изотермобаты въ сѣв. Атлантическомъ океанѣ по линіи м. Мей (Соед. Шт.)—Бермудскіе—Азорскіе—Мадейра (Challenger 1873 г.).
□ область темпер. ниже 10° Ц.

ровъ, которые дѣйствуютъ на поверхности, именно, распредѣленіе теплыхъ и холодныхъ теченій, накопленіе пассатами согрѣтыхъ поверхностныхъ водъ вблизи границъ тропиковъ въ западныхъ частяхъ океановъ и подъемы холодныхъ глубинныхъ водъ на западныхъ окраинахъ теплыхъ теченій и у прибрежій (Америки и Азіи) подъ вліяніемъ особыхъ климатическихъ и гидрографическихъ условій этихъ прибрежій. Низкія температуры на экваторѣ (около 8° Ц.) сравнительно съ температурою на границахъ тропиковъ могутъ быть объяснены подъемомъ холодной воды съ глубинъ, вызываемымъ уносомъ поверхностныхъ массъ экваторіальными теченіями.

Въ общемъ, на глубинѣ 200 саж. разность температуръ различныхъ поясовъ меньше, чѣмъ на поверхности; экваторіальная зона охлаждена до температуры, которая можетъ наблюдаться только зимою въ умѣренномъ поясѣ; въ свою очередь, умѣренный полсъ болѣе охлажденъ, чѣмъ на поверхности зимою. Избытокъ холода доставляется въ оба пояса полярными водами, но неодинаково по различнымъ направленіямъ. Въ Атлантическомъ и въ Индійскомъ океанахъ охлажденіе распространяется болѣе всего съ юга, въ Тихомъ — съ Охотскаго моря, играющаго здѣсь роль полярнаго бассейна.

2) На глубинѣ 550 саж. и особенно 1000 саж. температуры различныхъ поясовъ обнаруживаютъ еще меньшія разности, чѣмъ на глубинѣ 200 саж., при чемъ на первомъ планѣ выступаютъ условія притока полярныхъ водъ.

Въ Атлантическомъ океанѣ область максимальной температуры $\left(\frac{10^\circ\text{ Ц.}}{\text{на глуб. 550 с.}}, \frac{5^\circ\text{ Ц.}}{\text{на глуб. 1000 с.}}\right)$ расположена въ восточной части (а не въ западной, какъ на глубинѣ 200 с.) въ мѣстности, ближайшей къ Средиземному морю; отсюда температура понижается болѣе всего въ направленіи къ сѣверо-западу и къ югу.

Въ Тихомъ океанѣ наиболѣе согрѣтыя воды $\left(\frac{5^\circ\text{ Ц.}}{\text{на глуб. 550 с.}}, \frac{3^\circ\text{ Ц.}}{\text{на глуб. 1000 с.}}\right)$ наблюдаются въ юго-западной части, а на глубинѣ 1000 саж. еще и въ восточной экваторіальной зонѣ *).

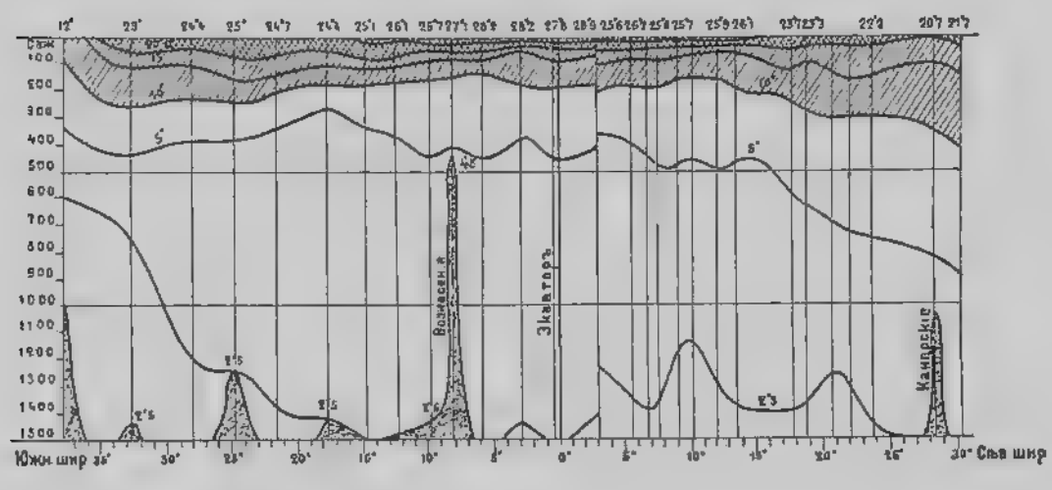
3) Изотермобаты на глубинѣ 1000 саж. обнаруживаютъ весьма явственно распространеніе охлажденія преимущественно съ юга въ Атлантическомъ и въ Индійскомъ океанахъ.

Различіе въ охлажденіи юга — сѣвера и запада — востока также наглядно выступаетъ въ ходѣ изотермобатъ на вертикальныхъ сѣченіяхъ.

---

*) Недостатокъ наблюденій на глубинѣ 1000 саж. въ центральныхъ частяхъ Тихаго океана не позволяетъ установить еще здѣсь присутствіе мѣстныхъ центровъ наиболѣе согрѣтыхъ водъ (около 3° Ц.), но что они существуютъ, это доказывается наблюденіями придонныхъ температуръ (см. чер. 220).

Изотермобаты Атлантическаго океана поперекъ бассейна (чер. 217) показываютъ, что въ умѣренномъ поясѣ на глубинахъ болѣе 200 саж. холодныя воды ближе къ поверхности въ западномъ руслѣ, чѣмъ въ восточномъ, и причины этого надо искать въ опускающихся на западѣ полярныхъ теченіяхъ. Въ продольномъ меридіональномъ сѣченіи (чер. 218) замѣчается углубленіе холодныхъ водъ по обѣ стороны экватора и поднятіе ихъ къ поверхности нѣсколько сѣвернѣе экватора и осо-



Чер. 218. Изотермобаты въ Атлантическомъ океанѣ по линіи острововъ Тристанъ д'Акунья — Вознесенія — Зеленаго мыса — Канарскіе — Мадейра (Challenger 1873 и 1876 г.).
□ область темпер. ниже 10° Ц.

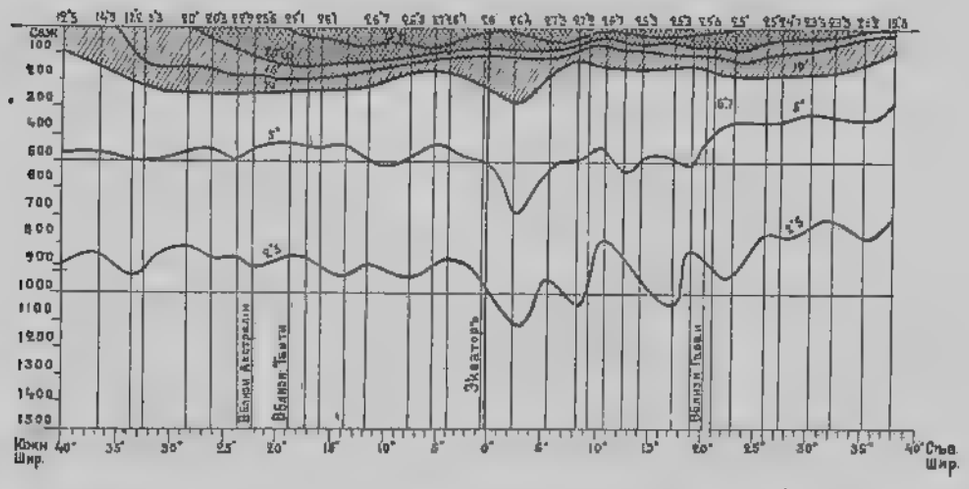
бенно въ направленіи къ южнымъ внѣтропическимъ широтамъ *), что указываетъ на болѣе мощный притокъ антаркти-

*) Заимствуемъ у Ханна (Allgemeine Erdkunde, 1896 г., стр. 218) слѣдующую табличку для глубины изотермобатъ въ Атлантическомъ океанѣ:

Изотермобаты:	20°	15°	10°	5°	2°,5 Ц.
Широта.		Глубины въ саженяхъ.			
33° сѣв.	—	320	450	630	1500
21° »	70	160	320	700	1490
9° »	27	54	168	480	1300
1° »	42	73	170	360	1360
9° юж.	55	75	150	420	1500
21° »	60	115	200	340	1350
36° »	—	—	190	340	850

ческихъ водъ и на благопріятныя условія, указанныя уже выше, для поднятія ихъ нѣсколько сѣвернѣе экватора (около 9° с. ш.), гдѣ даже глубины 100—200 саж. холоднѣе водъ экватора.

Максимальную температуру въ глубокихъ слояхъ (глубже 200 саж.), прилегающихъ къ Средиземному морю, нѣкоторые авторы (Воейковъ, Буханъ) приписываютъ согрѣвающему дѣйствію глубиннаго теченія изъ Средиземнаго моря, которое, какъ увидимъ ниже, имѣетъ въ своей котловинѣ постоянную температуру около 12°—13° Ц., но по расчетамъ Крюммеля этотъ притокъ недостаточенъ для объясненія вышеупомянутаго мак-



Чер. 219. Изотермобаты въ Тихомъ океанѣ по линіи Австралія — Таити — Гаваи (Challenger 1875 г.).
□ область темпер. ниже 10° Ц.

симума температуры въ океанѣ; послѣдній является вѣроятно вслѣдствіе того, что данная мѣстность находится нѣсколько въ сторонѣ отъ главныхъ путей полярныхъ водъ и подъ вліяніемъ напора теплыхъ поверхностныхъ массъ, нагоняемыхъ сюда восточною вѣтвью Гольфстрима.

Также въ Индійскомъ океанѣ избытокъ тепла въ Аравійскомъ морѣ полагали (Воейковъ) объяснить вліяніемъ глубиннаго теченія изъ Краснаго моря, но это объясненіе едва ли можетъ быть принято, такъ какъ подобные же избытки тепла замѣчаются и въ Бенгальскомъ заливѣ и восточнѣе Мадага-

скара (чер. 215), и всѣ эти центры тепла отдѣлены другъ отъ друга сравнительно болѣе холодными водами.

Въ Тихомъ океанѣ (чер. 219) холодныя воды занимаютъ болѣе мощный слой, чѣмъ въ Атлантическомъ, притомъ онѣ ближе къ поверхности въ сѣверномъ полушаріи, чѣмъ въ южномъ, особенно въ средней и восточной части на глубинахъ 100—500 саж.; на бо́льшихъ глубинахъ разности сглаживаются *).

Въ общемъ выводѣ для пояса 40° с. — 40° ю. ш. имѣемъ самый теплый на глубинахъ до 1000 саж. Атлантическій океанъ, самый холодный — Тихій.

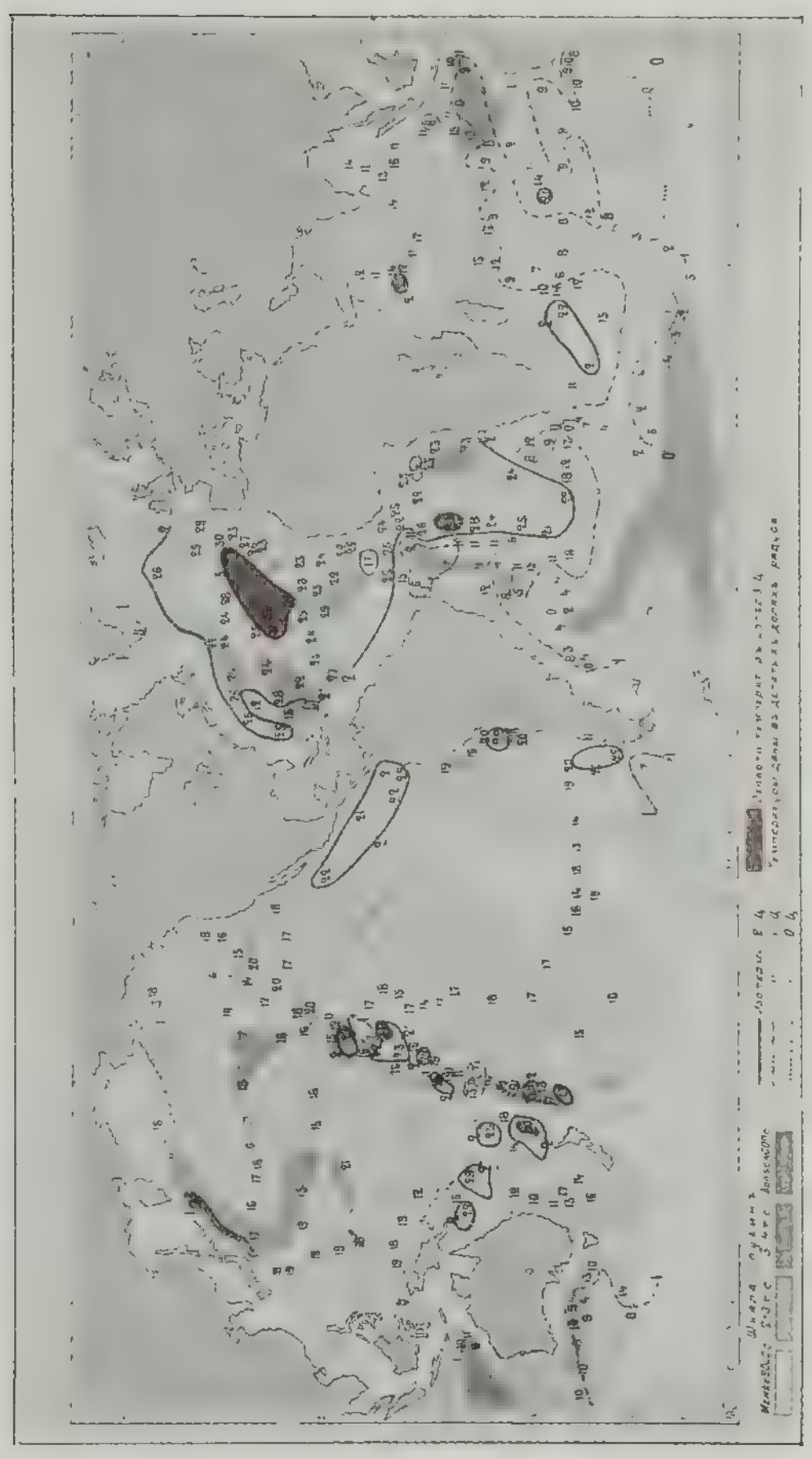
Обратимся къ температурѣ придоннаго слоя. Температуры этого слоя показаны на картѣ (чер. 220) рельефа океанскаго дна, такъ какъ разъ низкія температуры дна обязаны притоку полярныхъ водъ, то несомнѣнно должна существовать нѣкоторая связь между конфигураціею дна и его температурою **).

Температуры дна Атлантическаго океана въ общемъ выше температуръ Тихаго и Индійскаго; высшія температуры (3°—3°,5 Ц.) имѣютъ мѣсто на срединной возвышенности, но здѣсь глубины всего около $1\frac{1}{2}$ тыс. саж., на бо́льшихъ же глубинахъ тѣ же высшія температуры находятся въ восточномъ руслѣ, въ сѣверной его части, т. е. вообще тамъ, гдѣ и наиболѣе теплыя

*) Слѣдующая табличка изъ наблюденій Challenger, Gazelle и Tuscarora (заим. изъ Oceanographie Богуславскаго) даетъ среднія температуры въ Тихомъ океанѣ:

		Пов.	50 с.	100 с.	200 с.	300 с.	500 с.	1000 с.
Зап. часть	20°—40° с. ш.	21,1	16,9	14,6	11,8	7,0	3,9	2,0
	20°—40° ю. ш.	18,4	16,8	15,0	12,0	8,9	6,6	2,2
Средн. часть	20°—40° с. ш.	21,9	16,2	12,9	8,8	5,9	3,7	1,9
	20°—40° ю. ш.	21,8	18,5	16,5	13,0	8,8	5,6	2,1
Вост. часть	20°—33° с. ш.	18,2	16,8	14,6	7,8	5,2	3,8	—
	20°—33° ю. ш.	20,4	19,5	18,0	12,1	7,4	4,7	1,8
Экват. поясъ	21° с. ш.—экв.	26,7	24,0	17,0	9,6	—	4,8	2,2
	экв.—17° ю. ш.	26,6	25,6	21,2	11,7	—	4,4	2,3
21° с. ш. — 17° ю. ш.	средняя часть	26,2	23,3	16,3	9,8	—	4,7	2,3
	западн. часть	27,1	25,9	21,5	11,2	—	4,6	2,3

**) На картѣ 220 ради ясности чертежа нанесены лишь наиболѣе характерныя температуры для данныхъ раіоновъ океанскаго ложа (на глубинѣ болѣе 1500 саж.).



Чер. 220. Распредѣленіе температуръ въ придонномъ слоѣ.

воды на глубинѣ 1000 саж. Наиболѣе низкія температуры дна (0° Ц.) получены въ юго-западномъ руслѣ; здѣсь температура даже подъ экваторомъ 0°,2 Ц. Подобныхъ низкихъ температуръ нѣтъ во всей сѣверной части океана до параллели 60° с. ш.

Еще ниже температуры въ южныхъ широтахъ 50°—60°; здѣсь вся область между островами Буве и Кергеленскими имѣетъ температуры до —0°,5 Ц., но эта область большею частью принадлежитъ уже къ южному Индійскому океану и граничитъ съ антарктическою, подходя близко къ линіи антарктическихъ льдовъ.

Въ Тихомъ океанѣ высшія температуры также 2°—3° Ц., но здѣсь онѣ являются въ видѣ лишь отдѣльныхъ небольшихъ мѣстныхъ центровъ, а не сплошь по всему океану, какъ въ сѣв. Атлантическомъ океанѣ, и въ тоже время въ тропическомъ поясѣ и въ сѣверо-западной части встрѣчаются столь низкія температуры, какихъ нѣтъ въ остальныхъ океанахъ въ подобныхъ широтахъ; именно, въ Курильской котловинѣ наблюдалась —0°,4 Ц., а въ южномъ тропическомъ поясѣ на „Penguin'ѣ“ въ 1895 г. на глубинѣ 2634 саж. (14°45′ ю. ш., 173°37′ з. д.) отмѣчена температура —0°,1 Ц. (31°,8 Ф.).

Въ Индійскомъ океанѣ низшая температура дна 0° наблюдалась въ восточной части (12°23′ ю. ш., 104°54′ в. д.) на глубинѣ 2825 саж. на „Egeria“ въ 1887 г. *).

Въ Тихомъ океанѣ замѣчательно то обстоятельство, что самая низкая температура въ тропикахъ (—0°,1 Ц.) является обособленною и окруженною большею частью значительно выс-

---

*) Вотъ серія температуръ, наблюденныхъ въ данномъ пунктѣ на «Egeria».

Поверхность	25,6
100 саж.	14,4
200 »	9,6
400 »	4,5
Дно 2825 »	0,0

шими температурами, что невольно наводитъ на вопросъ, какимъ же путемъ могла проникнуть и установиться здѣсь столь низкая температура. Замѣтимъ однако, что этотъ пунктъ лежитъ на линіи глубочайшей южной котловины океана, Тонга-Кермадекъ, въ самыхъ глубокихъ мѣстахъ которой наблюденія температуры не сдѣланы *), поэтому, если температура отмѣчена на „Penguin'ѣ“ не ошибочно, то надо допустить, что самыя холодныя антарктическія воды протекаютъ именно черезъ упомянутую котловину по довольно извилистой линіи, благодаря сильно расчлененному здѣсь рельефу дна.

Вообще температуры дна въ глубокихъ впадинахъ среди группы Полинезійскихъ острововъ представляютъ большое разнообразіе, и что это обстоятельство вѣроятно связано съ разнообразіемъ здѣсь рельефа дна доказательствомъ тому служитъ то, что тамъ, гдѣ рельефъ однообразнѣе (напр. въ восточной части Тихаго океана), тамъ и температуры дна равномѣрнѣе.

Такимъ образомъ, антарктическія воды заходятъ далеко за границу южнаго тропика и въ большей степени охлаждаютъ глубочайшія впадины этого пояса, чѣмъ арктическія воды сѣверный тропическій поясъ. Въ Атлантическомъ океанѣ преобладаніе вліянія антарктическихъ водъ надъ арктическими выражается еще въ болѣе рѣшительной формѣ почти на всѣхъ глубинахъ, и здѣсь сѣверныя низшія широты находятся дальше отъ холодныхъ источниковъ, чѣмъ экваторъ и южныя широты. Изотермобаты даютъ поводъ заключить, что встрѣча арктическихъ и антарктическихъ водъ въ Атлантическомъ океанѣ происходитъ около параллели 36° сѣв. шир.

---

*) Наибольшая глубина температурныхъ наблюденій здѣсь 4762 с.; на этой глубинѣ $\left(\frac{21°36' \text{ ю. ш.}}{173°43' \text{ в. д.}}\right)$ на «Penguin» (1898 г.) отмѣтили температуру 1°,4 Ц. Всѣ другія придонныя наблюденія относятся къ глубинамъ вообще меньшимъ 4000 саж., за исключеніемъ наблюденія «Challenger'a» во впадинѣ Маріанскихъ острововъ, опредѣлившаго на глубинѣ 4475 саж. температуру 1°,8 Ц.

Причины преобладанія притока съ юга *) проф. Воейковъ видитъ [78]) въ слѣдующемъ:

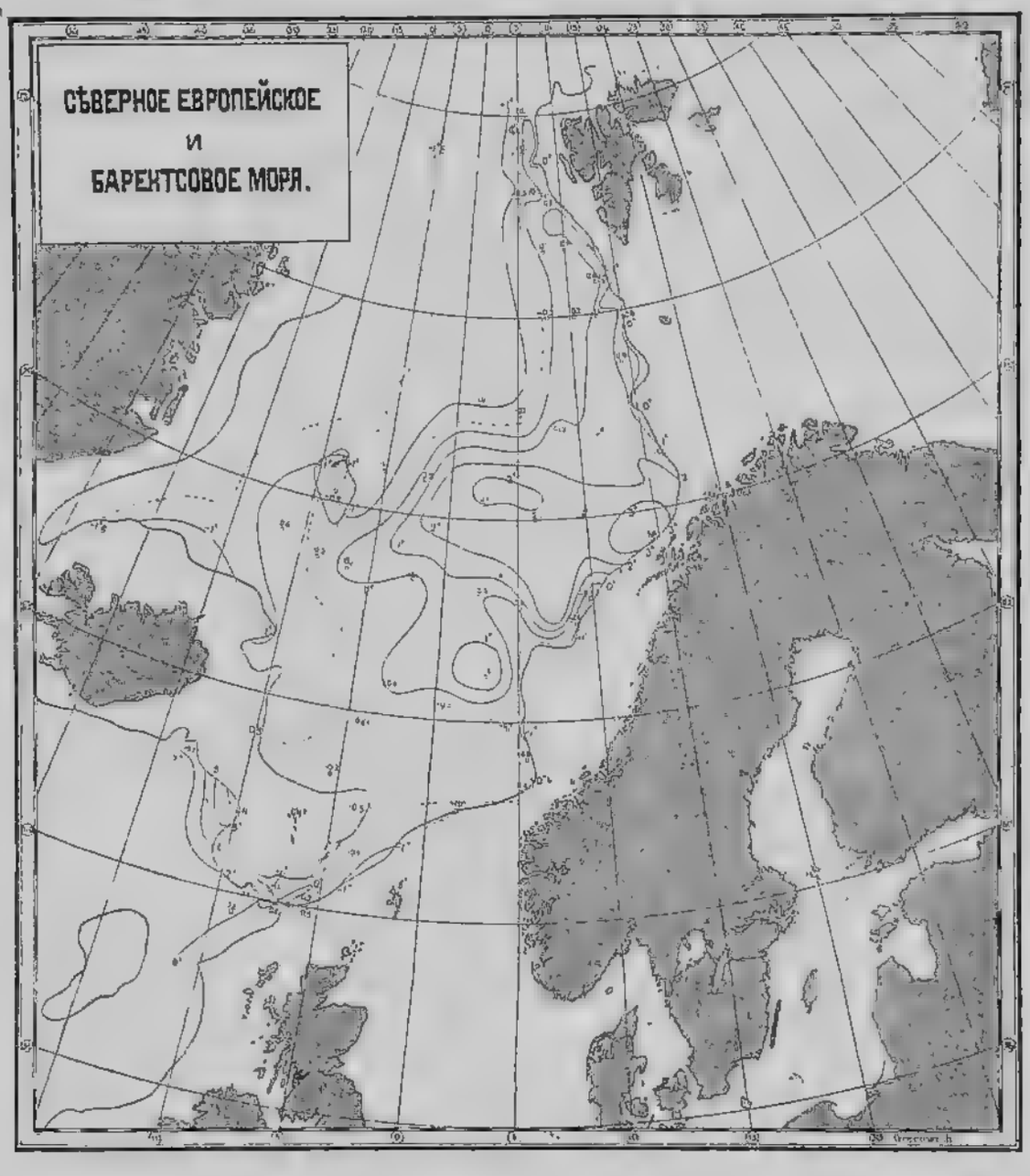
1) Обширность воднаго бассейна на югѣ.

2) Бо́льшая глубина и ширина сообщеній океановъ съ антарктическимъ бассейномъ, слѣд., болѣе свободный доступъ водамъ съ юга, чѣмъ съ сѣвера, и

3) различіе въ климатическихъ условіяхъ арктическаго и антарктическаго бассейновъ. Это различіе состоитъ въ томъ, что Сѣверное полярное море имѣетъ болѣе или менѣе характеръ континентальнаго средиматериковаго моря и, будучи большею частью довольно мелкимъ, сравнительно быстро замерзаетъ зимою. Но разъ море покроется льдомъ, то падающій на ледяную оболочку снѣгъ, представляя изъ себя дурной проводникъ тепла, задерживаетъ уже дальнѣйшее охлажденіе водяной массы. Болѣе быстрому образованію льда въ сѣверныхъ моряхъ способствуетъ также опрѣсненіе этихъ морей у прибрежья рѣками и материковыми потоками. Южное полярное море имѣетъ вполнѣ пелагическій характеръ, почему образованіе льда или по крайней мѣрѣ значительныхъ размѣровъ сплошного ледяного покрова затруднено. На самомъ дѣлѣ мы и видимъ, что въ антарктическихъ водахъ ледяныя поля рѣдко встрѣчаются; ледяныя же горы, преобладающія тамъ, материковаго происхожденія. Но, при меньшей защитѣ льдами поверхности Южнаго полярнаго моря, послѣднее подвержено болѣе сильному лучеиспусканію, чѣмъ Сѣверное полярное море, почему и воды его сильнѣе охлаждаются. Но такъ какъ вода по мѣрѣ охлажденія опускается, и ея мѣсто заступаетъ болѣе теплая, то, слѣдовательно, существуютъ на Южномъ полярномъ морѣ условія вполнѣ благопріятныя для значительнаго охлажденія всего слоя воды отъ поверхности до дна. Такимъ образомъ антарктическій океанъ долженъ давать очень много холодной воды въ ниж-

*) По мнѣнію Томсона (лорда Кельвина) движеніе глубинныхъ антарктическихъ водъ должно быть приписано избытку атмосферныхъ осадковъ и накопленію водъ въ южныхъ высшихъ широтахъ.

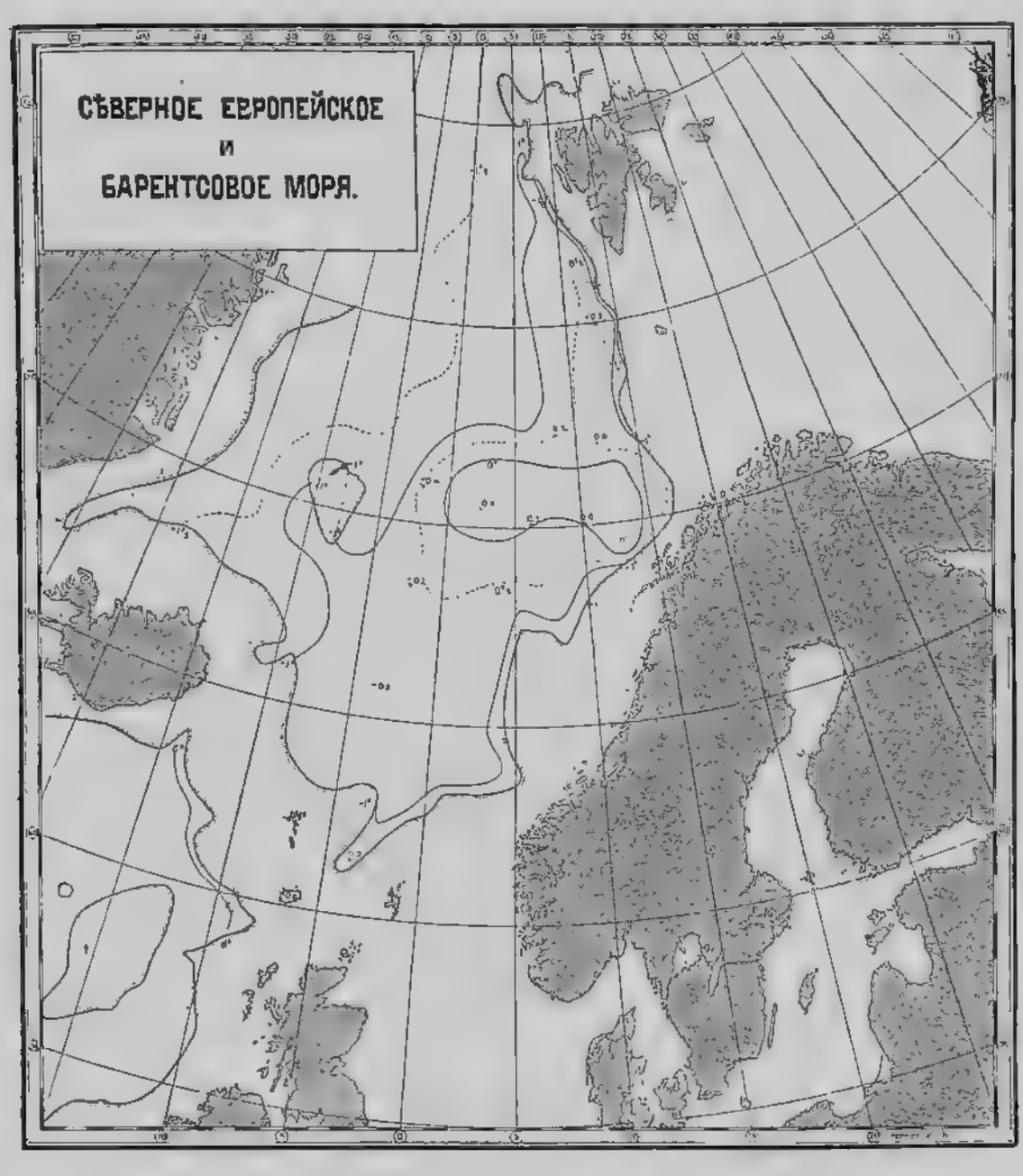
нихъ и среднихъ слояхъ и во всякомъ случаѣ болѣе, чѣмъ Сѣверный Ледовитый океанъ.



Чер. 221. Изотермы и температуры на глубинѣ 400 саж. (по Мону). Сплошныя линіи — изотермы 0° Ц. и выше, пунктирныя — ниже 0° Ц.

Полярные океаны. Въ Сѣв. Европейскомъ морѣ, по изслѣдованіямъ Мона, температура лѣтомъ понижается отъ поверхности до дна.

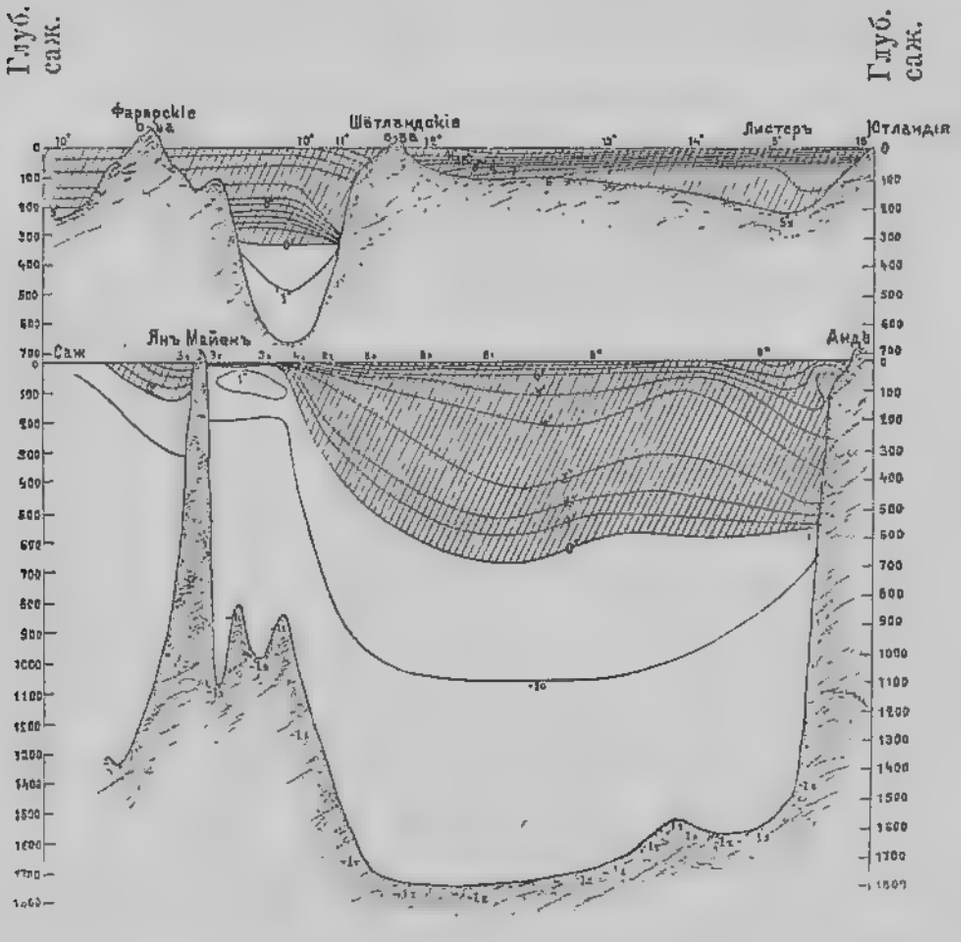
На глубинѣ 400 саж. воды Сѣв. Европейскаго моря кажутся уже отдѣленными (чер. 221) отъ водъ Атлантическаго



Чер. 222. Изотермы и температуры на глубинѣ 600 саж. (по Мону). Сплошныя линіи—изотермы 0° Ц. и выше, пунктирная—ниже 0° Ц.

океана полосою холодной воды (—0°5 Ц.), пробивающейся между Янъ-Майеномъ и Исландіею. Самая теплая вода на этой глубинѣ (+3° Ц.) находится по серединѣ между Янъ-Майе-

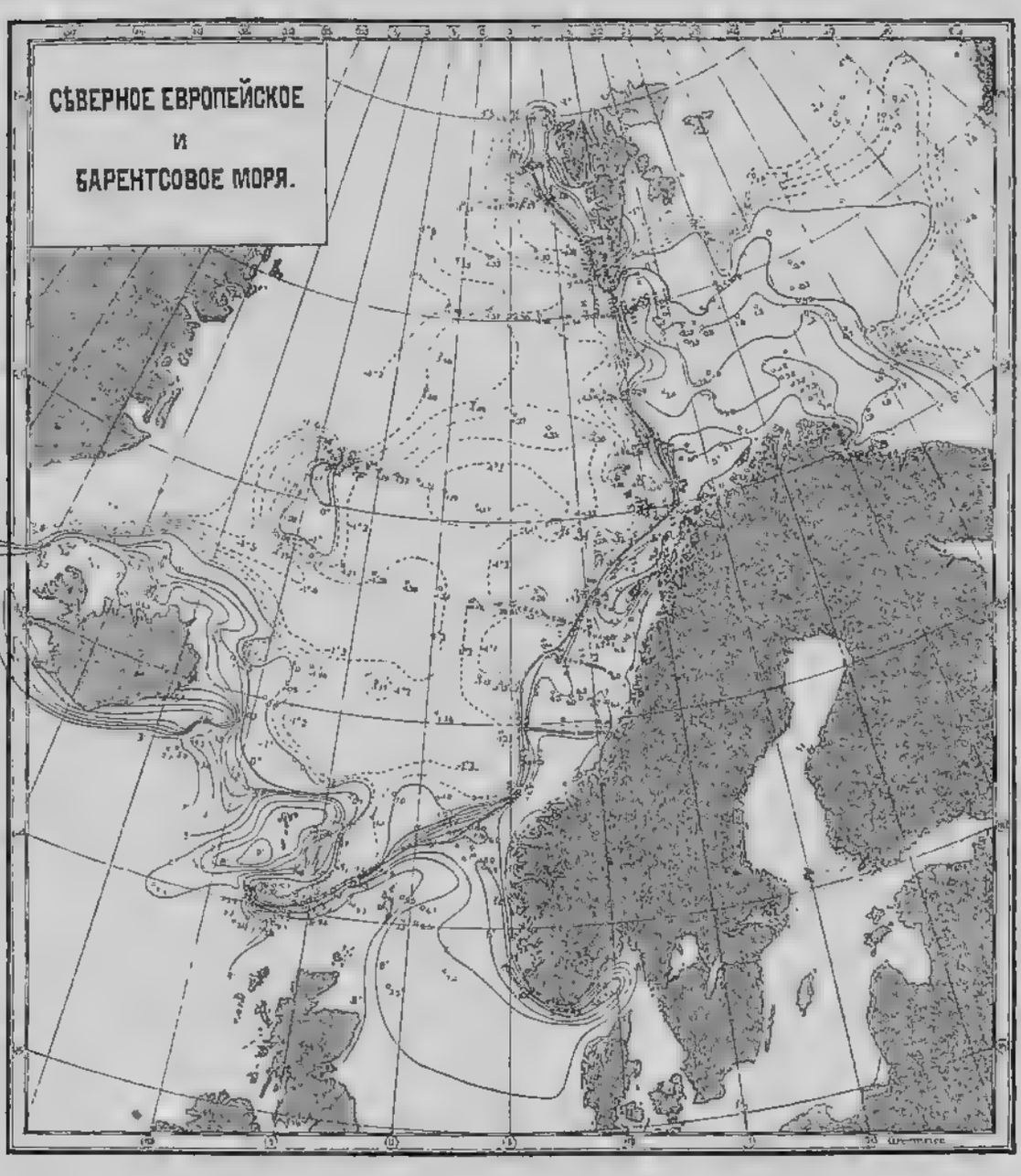
номъ и Норвегіею. Глубже 600 саж. во всемъ Сѣв. Европейскомъ морѣ температура ниже 0° Ц. (чер. 222). Эта холодная вода на своемъ пути къ югу задерживается подводнымъ порогомъ, который тянется отъ Исландіи къ Фарэрскимъ островамъ и Великобританіи и отдѣляетъ бассейнъ Атлантическаго океана



Чер. 223. Изотермобаты въ С. Европейскомъ морѣ и части Нѣмецкаго моря (по Мону).
□ темпер. ниже 0° Ц.

отъ Сѣв. Европейскаго моря; она попадаетъ только въ ложбину между Фарэрскими и Шётландскими островами (чер. 223). Распространеніе же холодныхъ водъ въ Атлантическій океанъ къ югу происходитъ главнымъ образомъ черезъ Датскій проливъ между Исландіею и Гренландіею, по которому идетъ и холодное Гренландское теченіе.

На днѣ Сѣв. Европейскаго моря (чер. 224) температура колеблется отъ 0° до —1°,7 Ц. въ зависимости отъ глубины,



Чер. 224. Изотермы и температуры у дна (по Мону).
Сплошныя линіи — изотермы 0° и выше 0°, пунктирныя — ниже 0° Ц.

но берега Норвегіи и Исландіи, Фарэрскіе и Медвѣжій острова, западный берегъ Шпицбергена и даже часть Янъ-Майена окружены теплою водою, температура которой только на сѣверномъ

и восточномъ берегу Исландіи, у Янъ-Майена и на Фарэ-Исландскихъ банкахъ менѣе +3° Ц. Вообще теплыя воды располагаются болѣе мощнымъ слоемъ на востокѣ, чѣмъ въ западной части моря (чер. 223). Теплый слой на востокѣ распространяется до дна и въ западной части Баренцова моря на меридіанѣ 30°—35° вост. долготы почти до параллели 74° сѣв. шир.; далѣе къ сѣверу и къ востоку теплая вода погружается на глубину или мѣстами постепенно выклинивается, какъ это можно судить по графикамъ наблюденій въ 1901 г.[79]) г. Книповича (чер. 225 I—II) и по даннымъ экспедиціи 1878—84 г. „Willem Barents“; восточнѣе меридіана 60° и сѣвернѣе шир. 76° теплый слой наблюдается только на поверхности *).

Наблюденія въ полярныхъ водахъ показываютъ часто аномаліи въ вертикальномъ распредѣленіи температуры; нормальное термическое наслоеніе прерывается мѣстами болѣе теплыми, а мѣстами болѣе холодными водами между поверхностью и дномъ. Особенно рѣзко выступаютъ подобныя аномаліи въ наблюде-

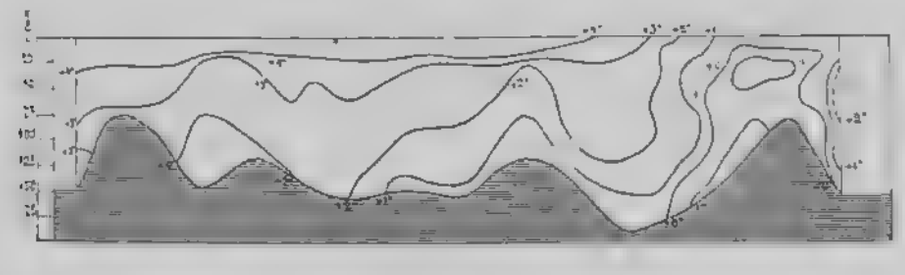
*) Нижеслѣдующая табличка, составленная на основаніи наблюденій шкуны «Willem Barents», показываетъ распредѣленіе температуръ въ Баренцовомъ морѣ между парал. 72°—77° сѣв. шир. и меридіанами 21°—61° восточной долготы:

Широты.	72°30′	74°16′	75°23′	76°5′	77°0′	76°30′
Долготы восточн.	21°30′	29°38′	38°40′	42°8′	45°48′	60°49′

Температуры въ градусахъ Цельсія.

Поверхность	—	3°,5	3°,9	3°,8	2°,2	0°,4
Глубина 20 саж. . . .	—	5°,0	0°,2	0°,2	—0°,4	—1°,2
» 50 » . . .	5°,5	—	—0°,6	—1°,2	—0°,4	—1°,0
» 100 » . . .	4°,7	2°,3	—	—1°,4	—	—
» 136 » . . .	—	2°,0	—	—1°,0	—	—
Дно	3°,5	1°,1	1°,1	—1°,0	0°,0	—1°,0

ніяхъ на „Фрамѣ“, въ іюнѣ 1894 г. (чер. 226 теплые слои заштрихованы). Наконецъ, такія же аномаліи встрѣчаемъ и на антарктическихъ окраинахъ, какъ видно по графику (чер. 227), составленному Шоттомъ [80]) на основаніи наблюденій экспедицій „Belgica“ и „Valdivia“ 1898—1899 г. и „Challenger'a“ 1874 г. Эту перемежаемость холодныхъ и теплыхъ водъ на



Чер. 225 I. Изотермобаты по меридіану Кольскаго залива отъ 69°32′ до 72°25′ сѣв. шир. въ іюлѣ 1901 г. (по Книповичу).

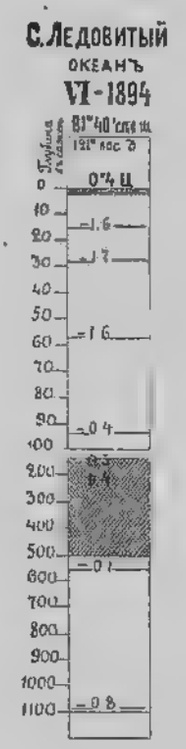
разныхъ глубинахъ обыкновенно объясняютъ проникновеніемъ тропическихъ водъ въ полярныя широты, причемъ эти воды, какъ болѣе соленыя и, слѣдовательно, болѣе плотныя, сравнительно съ полярными водами, должны погружаться на бо́льшія глубины, чѣмъ послѣднія. Однако для мѣстъ, куда переносятся

Чер. 225 II. Изотермобаты по линіи между меридіанами Кольскаго залива и Новой земли и широтами 75°—72°29′ въ іюлѣ 1901 г. (по Книповичу).

ледяныя горы, возможно и другое объясненіе, даваемое Бухананомъ на основаніи опытовъ Петтерссона надъ измѣненіемъ теплового состоянія глетчернаго льда въ морской водѣ. Согласно этимъ опытамъ, глетчерный ледъ (изъ прѣсной воды), погружаясь въ соленую воду, таетъ, причемъ температура понижается, оставаясь почти постоянною —1,8° Ц. въ водѣ обыкновенной океанской солености (около 3,4‰). Бухананъ

полагаетъ, что ледяная гора, погружаясь до большой глубины и начиная таять, опрѣсняетъ глубинныя воды настолько, что послѣднія становятся легче, несмотря на охлажденіе, и подымаются выше слоя теплой, но болѣе соленой воды, производя явленіе холодной прослойки въ близъповерхностномъ слоѣ.

Въ арктическихъ водахъ, покрытыхъ сплошнымъ льдомъ, тамъ, гдѣ не замѣчается теплыхъ теченій, температура остается подъ льдомъ почти постоянною и мало отличающеюся отъ температуры, при которой происходитъ замерзаніе морской воды, на что указываютъ наблюденія Нэрса въ 1875 году, погружавшаго термометръ въ проруби во льду на сѣверѣ Баффинова залива въ шир. 82°—83° сѣв., равно какъ и наблюденія на „Вегѣ“ во время зимовки ея въ 1879 г. сѣвернѣе Берингова пролива.

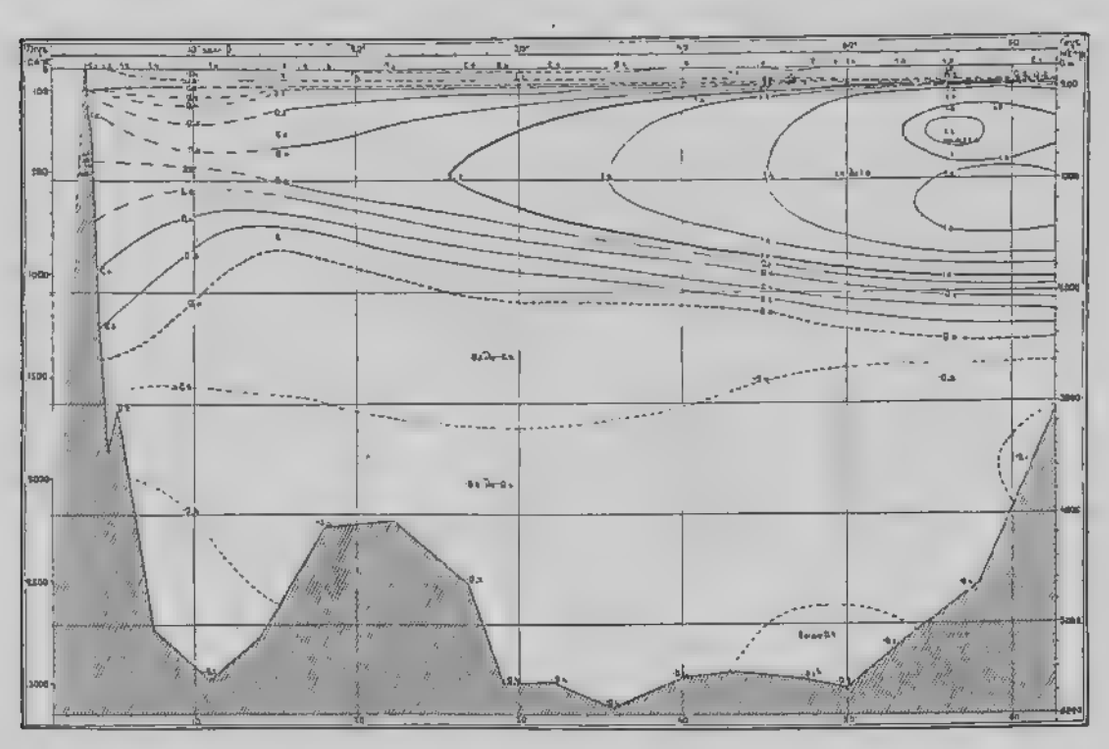


Чер. 226. Вертикальное распредѣленіе температуры. □ слои съ температурою ниже 0° Ц.

Въ заключеніе о температурѣ полярныхъ водъ замѣтимъ еще, что температуры дна въ мѣстахъ, не особенно глубокихъ, бываютъ различны въ разные годы, находясь, очевидно, въ связи съ метеорологическими условіями зимы и состояніемъ льдовъ въ разные годы; такъ, въ Баренцовомъ морѣ по наблюденіямъ на „Isbjorn“ въ 1872 г. температура дна доходила до —3° Ц., а въ 1871 г. она была въ той же мѣстности не ниже —1°,6 Ц.

Распредѣленіе температуры въ озерахъ и въ внутреннихъ моряхъ. Въ водныхъ бассейнахъ ходъ температуры по вертикальному направленію обусловливается вообще вертикальною циркуляціею водъ въ зависимости отъ температуры охлажденія и нагрѣванія поверхности. Охлаждаясь, частицы

становятся плотнѣе и погружаются на глубину, пока температура на поверхности не достигнетъ температуры наибольшей плотности воды. Для прѣсныхъ водъ послѣдняя составляетъ почти +4° Ц. и потому въ прѣсноводныхъ бассейнахъ охлажденіе глубинъ простирается до 4° Ц. или выше, если низшая температура на поверхности выше +4° Ц. При нагрѣваніи такого бассейна температура увеличивается на поверхности и



Чер. 227. Распредѣленіе температуры въ шир. около 60° южной, между Буве и землею Эндерби.
———— изотермобаты выше 0° Ц.
. . . . . » ниже 0° Ц.

на небольшихъ глубинахъ, насколько это допустимо прозрачностью водъ, ихъ теплопроводностью и перемѣшиваніемъ различныхъ слоевъ подъ вліяніемъ вѣтра и волнъ; при большой глубинѣ бассейна температура дна остается равною низшей зимней температурѣ на поверхности. Такимъ образомъ въ подобныхъ бассейнахъ вертикальное распредѣленіе температуры обнаруживаетъ всегда прямое термическое наслое-

ніе *), т. е. температура всегда убываетъ отъ поверхности до дна.

Если же зимнее охлажденіе на поверхности простирается ниже +4° Ц., то по мѣрѣ охлажденія ниже +4° Ц. частицы становятся легче и остаются на поверхности, такъ что при большой глубинѣ бассейна температура у дна, въ холодное время года и даже при нагрѣваніи, не доходящемъ еще до +4° Ц., должна быть выше чѣмъ на поверхности, т. е. получается обратное термическое наслоеніе. Если бассейнъ вслѣдствіе своей обширности не покрывается сплошнымъ ледянымъ покровомъ или же замерзаетъ очень поздно, то подъ вліяніемъ лучеиспусканія всей массы воды температура во всей толщѣ можетъ оказаться ниже +4° Ц.

Перваго рода бассейны представляютъ озера средней Европы, какъ напр. Женевское озеро, а второго рода—озера сѣверной Россіи, какъ напр. Ладожское (чер. 228), гдѣ въ холодное лѣто даже въ іюлѣ мѣсяцѣ бываетъ обратное наслоеніе. Въ Байкалѣ, глубины котораго достигаютъ до 800 саж., температура лѣтомъ во всей толщѣ до 500 саж. 3°,5 Ц.

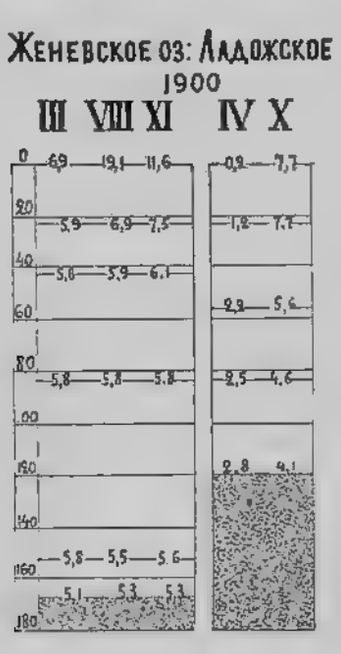
Для морскихъ водъ температура наибольшей плотности ниже, чѣмъ для прѣсной воды, и зависитъ отъ степени концентраціи солей; при солености 0,5% температура наибольшей плотности 3°,0 Ц., при солености 1% она 2°,0 Ц., при 1,5%—всего 0°,9 Ц. и, наконецъ, при океанской солености 3,5% она ниже —2° Ц.

Такъ какъ для устойчиваго равновѣсія водъ глубже всего должны располагаться наиболѣе плотные слои, а плотность морской воды не только связана съ температурою, но и съ соленостью ея, то очевидно температура глубинъ во внутреннихъ моряхъ зависитъ не только отъ зимняго охлажденія, но и отъ степени солености и ея распредѣленія на глубинахъ.

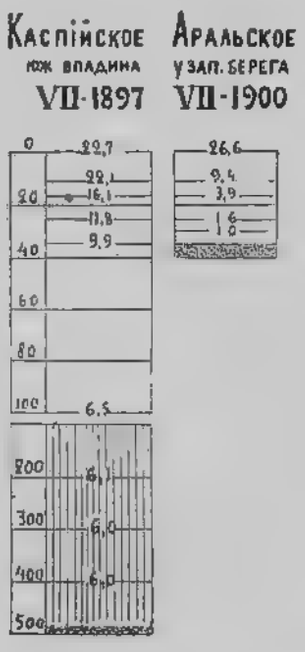
---

*) По выраженію Фореля, извѣстнаго изслѣдователя Женевскаго озера,—Stratification directe; по терминологіи океанографа Крюммеля — анотермическое наслоеніе.

Въ совершенно замкнутомъ бассейнѣ, какъ Каспійское и Аральское моря, температура глубинъ зависитъ исключительно отъ мѣстныхъ климатическихъ условій. Въ Каспійскомъ морѣ, въ южной впадинѣ, съ глубины 200 саж. и до дна температура 6° Ц.; эта температура равна средней низшей температурѣ зимою на поверхности [81]). Въ Аральскомъ морѣ температура (чер. 229) на днѣ, измѣренная въ іюлѣ 1900 г. Бергомъ,



Чер. 228. Вертикальное распредѣленіе температуры въ 1900 г. (лѣвый столбецъ — глубины въ саж.; римскія цифры — мѣсяцы).



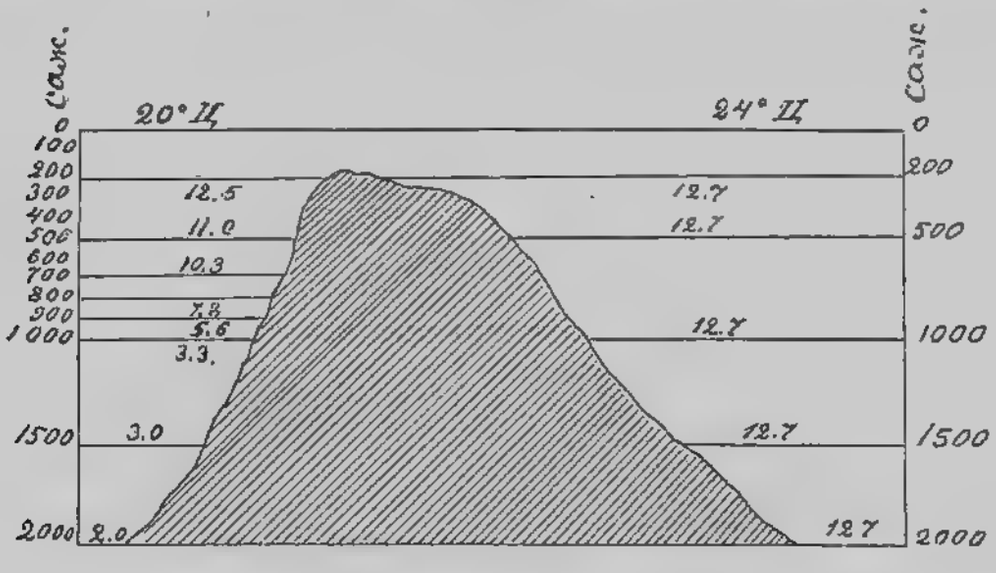
Чер. 229. Вертикальное распредѣленіе температуры въ 1897 и 1900 г. (лѣвый столбецъ — глубины въ саж.; римскія цифры — мѣсяцы).

равна 1°,1 Ц. (на глуб. 33 саж.); эта температура ниже температуры наибольшей плотности Аральской воды, такъ какъ соленость послѣдней около 1% (съ глубиною увеличивается), и потому необходимо допустить, что зимнее охлажденіе поверхности Аральскаго моря, доходящее до 1° Ц. или ниже, распространяется по причинѣ малой глубины (наибольшая глубина 37 саж.) на всю толщу его водъ, благодаря лучеиспусканію бассейна.

Всѣ же другія внутреннія моря не представляются изолированными; они соединяются съ другими, сосѣдними морями или

съ океаномъ, и потому физическія свойства ихъ глубинъ зависятъ въ значительной мѣрѣ отъ степени обмѣна водъ между сообщающимися морями или, другими словами, отъ глубины раздѣляющаго ихъ подводнаго порога.

Весьма поучительны въ этомъ отношеніи термическія условія морей, составляющихъ Средиземноморскую область, въ ряду которыхъ Средиземное море, наиболѣе соленое, обмѣнивается съ одной стороны водами съ Атлантическимъ океаномъ,



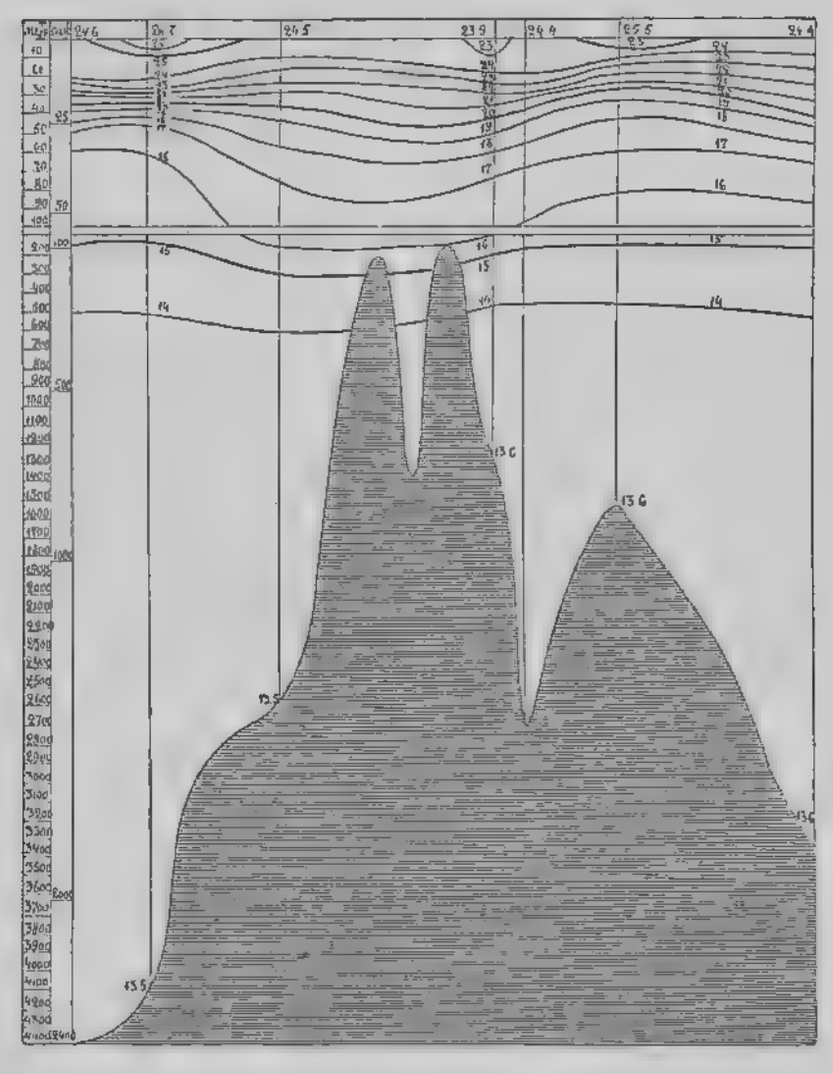
Чер. 230. Вертикальное распредѣленіе температуры по обѣ стороны Гибралтаря; съ лѣвой стороны температуры Атлантическаго океана, съ правой — Средиземнаго моря.

а съ другой — съ Мраморнымъ и значительно опрѣсненнымъ Чернымъ моремъ.

Обмѣнъ водъ Средиземнаго моря съ океаномъ происходитъ черезъ Гибралтарскій проливъ путемъ нижняго подводнаго теченія болѣе соленой Средиземноморской воды въ океанъ и поверхностнаго, болѣе опрѣсненнаго теченія изъ океана. Подобный обмѣнъ возможенъ лишь до глубины подводнаго Гибралтарскаго порога, т. е. до 200 саж., и потому до этой глубины температуры по обѣ стороны Гибралтарскаго пролива почти одинаковы, но глубже 200 саж. температура (чер. 230) въ океанѣ убываетъ до 3°—2° Ц., а въ Средиземномъ морѣ

остается постоянною около 12°,7 Ц. — температура, которая равна средней низшей температурѣ на поверхности западнаго бассейна моря.

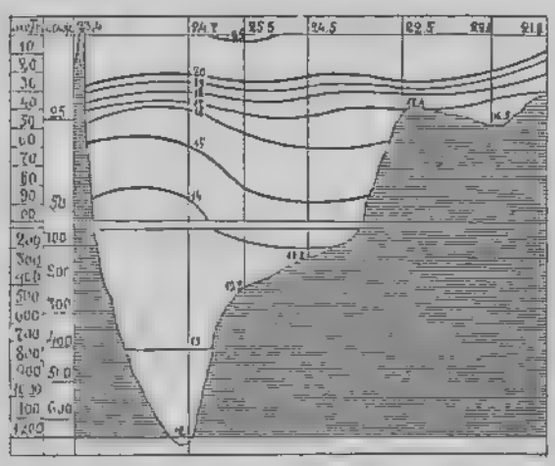
Средиземное море, простираясь по долготѣ почти на 42° (6° зап.—36° вост.) и по широтѣ на 15° (30°—45°) и при-



Чер. 231. Изотермобаты въ Средиземномъ морѣ въ іюлѣ — августѣ 1891 г. Разрѣзъ вдоль юго-западной окраины Кандіи, почти по парал. 35° с. ш. и между меридіанами 21°—26° в. долг.

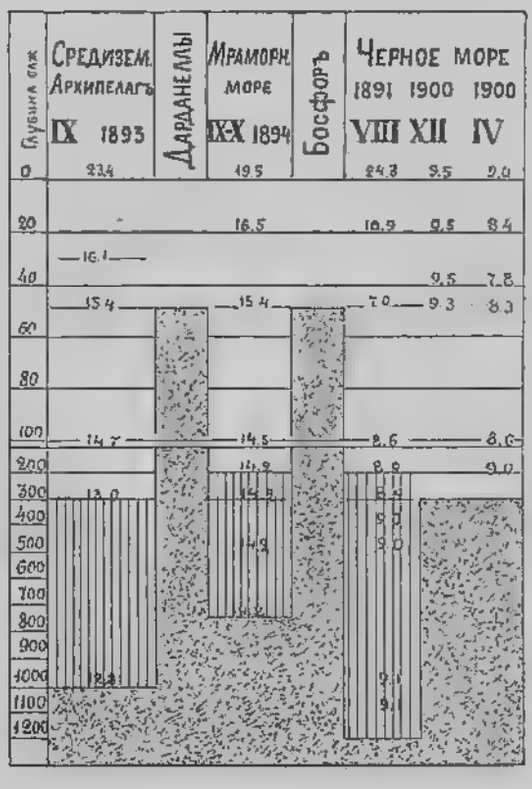
легая къ странамъ съ различнымъ климатомъ, обнаруживаетъ въ разныхъ своихъ частяхъ нѣсколько различныя термическія условія водъ. Въ западномъ бассейнѣ, благодаря большему зимнему охлажденію поверхности, глубины болѣе чѣмъ на $^1/_2$° Ц.

холоднѣе, чѣмъ въ восточномъ; въ самой глубокой впадинѣ (чер. 231) послѣдняго температура у дна 13°,5 Ц. Въ Архипелагѣ, отличающемся болѣе холодною зимою, чѣмъ южная часть моря, имѣемъ и болѣе низкія (чер. 232) температуры у дна (12°,8 Ц.). Наивысшія температуры въ Средиземномъ морѣ имѣютъ мѣсто на поверхности въ юго-восточной части моря въ концѣ лѣта (августъ — сентябрь болѣе 27° Ц.), тогда какъ въ западной, благодаря притоку изъ океана, вода холоднѣе. Зимнее охлажденіе подравниваетъ поверхностныя температуры съ глубинами, такъ что къ концу зимы температуры по вертикальному направленію вездѣ почти однообразныя.



Чер. 232. Изотермобаты въ сент. 1893 г. въ архипелагѣ между о-вомъ Скіафо и Сара-Сигляромъ (Дарданеллы).

Переходя изъ Архипелага черезъ Дарданельскій порогъ въ Мраморное море и затѣмъ черезъ Босфоръ въ Черное море (чер. 233), мы встрѣчаемъ здѣсь нѣкоторыя особенности въ температурѣ глу-



Чер. 233. Вертикальное распредѣленіе температуры (римскія цифры — мѣсяцы).

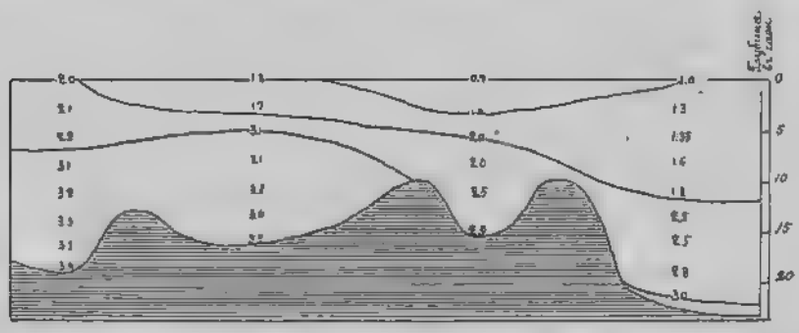
бинъ, благодаря постепенному опрѣсненію водъ и существованію вслѣдствіе этого подводнаго теченія Средиземноморской воды черезъ Дарданеллы и Босфоръ.

Въ Мраморномъ морѣ температура въ концѣ лѣта уже съ глубины 120 саж. до дна постоянная 14°,2 Ц.; эта температура не только выше зимней температуры на поверхности (около 10° Ц.), но и выше вѣроятной зимней температуры глубинъ Архипелага. Она близка, повидимому, къ средней температурѣ между зимнею (около 13° Ц.) и лѣтнею (около 16°) температурами на глубинѣ Дарданельскаго порога. Происхожденіе ея, слѣдовательно, можемъ объяснить вліяніемъ постояннаго подводнаго теченія, несущаго болѣе соленыя воды Средиземнаго моря въ Мраморное, въ то время какъ опрѣсненныя поверхностныя воды направляются въ Архипелагъ. Вода, доставляемая подводнымъ Дарданельскимъ потокомъ, благодаря своей значительной солености, тяжелѣе поверхностной даже зимою, когда температура ея выше температуры на поверхности, и потому она постоянно, какъ зимою такъ и лѣтомъ, наполняетъ котловину Мраморнаго моря и принимаетъ въ результатѣ нѣкоторую среднюю температуру притока между зимнею и лѣтнею его температурами.

Подводное теченіе продолжается и далѣе изъ Мраморнаго моря черезъ Босфоръ въ Черное море и служитъ причиною согрѣванія глубинъ послѣдняго. Но котловина Чернаго моря не проточная, какъ котловина Мраморнаго моря, она болѣе охлаждается зимою и въ болѣе сильной степени опрѣснена во всей своей толщѣ, и потому температура ея ниже, чѣмъ въ Мраморномъ морѣ. Она всего 9° Ц. Зимнее охлажденіе поверхности надъ Черноморскою котловиною достигаетъ 6°—7° Ц., но такъ какъ эта холодная вода болѣе опрѣснена, чѣмъ вода большихъ глубинъ, осолоняемая подводнымъ Босфорскимъ притокомъ, то она легче и не можетъ погрузиться на большую глубину, останавливаясь лѣтомъ всего на глубинѣ 30—50 саж. (глубина подводнаго Босфорскаго притока). Вотъ почему

въ Черномъ морѣ лѣтомъ, когда нагрѣваніе на поверхности достигаетъ почти 26° Ц., на глубинѣ 30—50 саж. мы встрѣчаемъ холодную прослойку около 7° Ц., тогда какъ глубже температура увеличивается до 9° Ц. Эта прослойка подогрѣвается въ теченіе осени снизу и сверху, такъ что къ началу зимы она почти исчезаетъ, и температура во всемъ столбѣ котловины становится болѣе или менѣе равномѣрною.

Не менѣе замѣчательно распредѣленіе температуръ въ Балтійскомъ морѣ, еще болѣе опрѣсненномъ, чѣмъ Черное море, и получающемъ также въ нижнихъ слояхъ притокъ болѣе соленой воды изъ Нѣмецкаго моря. Послѣдняя проникаетъ черезъ Каттегатъ и Бельты лишь въ среднюю ложбину Балтійскаго

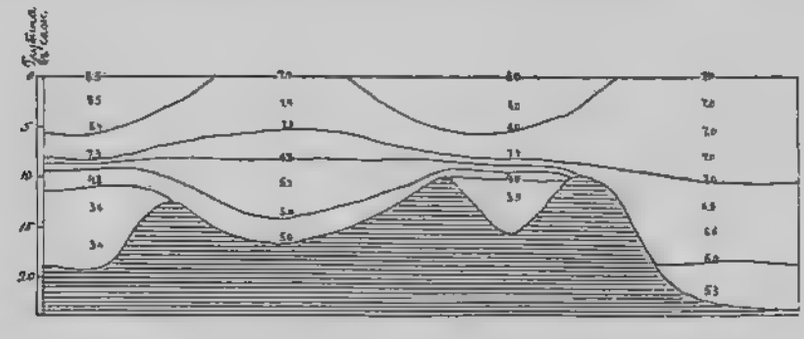


Чер. 234. Вертикальное распредѣленіе температуры въ западной части Балтійскаго моря между Альзенбельтомъ и Арконою (февраль 1894 г.).

бассейна, захватывая и входъ въ Финскій заливъ, представляющій какъ бы продолженіе средней ложбины, но движеніе ея въ Ботническій заливъ преграждается подводнымъ порогомъ на глубинѣ около 20 саж. между Стокгольмомъ и Утэ.

Въ западной, мелкой части моря температура въ февралѣ (чер. 234) увеличивается съ глубиною; на поверхности она около 1°—2° Ц., а у дна 3—3½° Ц.; тѣмъ не менѣе равновѣсіе слоевъ устойчивое, такъ какъ соленость нижнихъ слоевъ почти въ 2 раза больше солености верхнихъ. Весною начинается нагрѣваніе поверхности, такъ что въ маѣ (чер. 235) получается уже прямое термическое наслоеніе — температура съ глубиною понижается. Въ среднихъ, глубокихъ частяхъ

Балтійскаго бассейна соленая вода Нѣмецкаго моря погружается уже глубже 30 саж., и на этой глубинѣ мы встрѣчаемъ лѣтомъ подобную же холодную прослойку, какъ и въ Черномъ морѣ, причемъ температура въ этой прослойкѣ равна температурѣ наибольшей плотности Балтійской воды (чер. 236), при входѣ же въ Финскій заливъ (чер. 237) ниже ея и близка къ температурѣ зимняго охлажденія поверхности (около 0° Ц.). Въ послѣднемъ случаѣ, очевидно, не одни конвенціонные токи доставляютъ зимній холодъ на глубины, но необходимо допустить еще перемѣшиваніе слоевъ подъ вліяніемъ волнъ *).

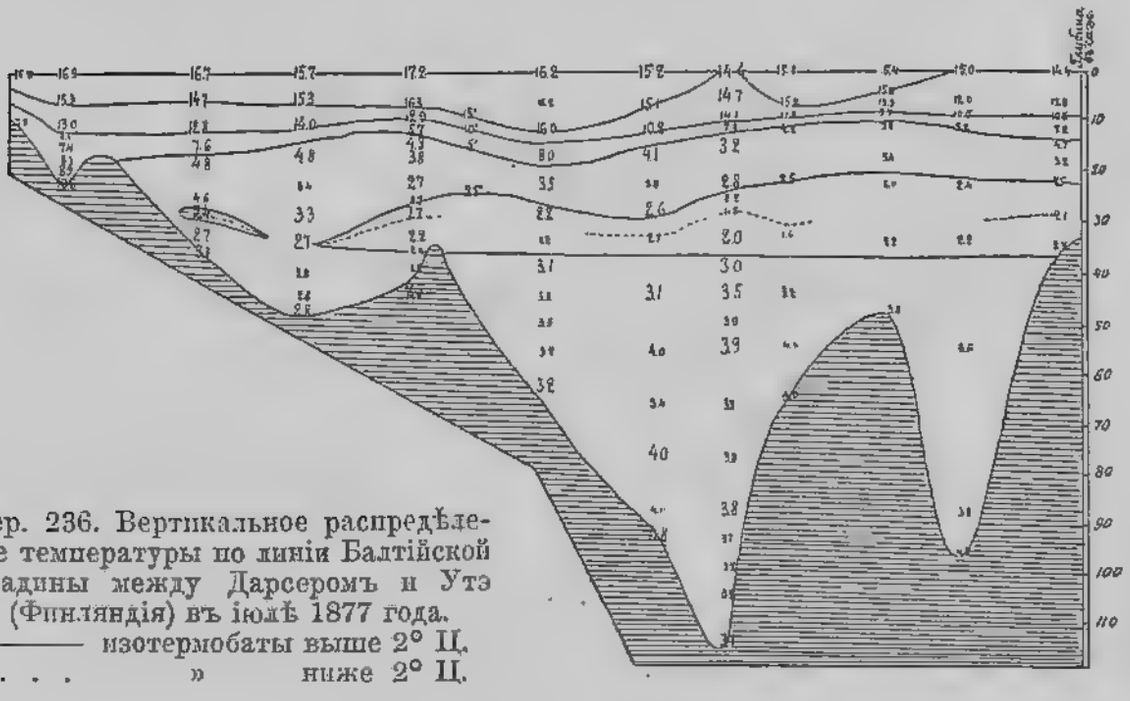


Чер. 235. Вертикальное распредѣленіе температуры въ западной части Балтійскаго моря между Альзенбельтомъ и Арконою (май 1894 г.).

При входѣ въ Ботническій заливъ, благодаря вышеупомянутому подводному порогу между Стокгольмомъ и Утэ, преграждающему доступъ соленой воды Нѣмецкаго моря, распредѣленіе температуры лѣтомъ (чер. 238) представляетъ убывающій рядъ, сообразно возрастанію термической плотности, такъ что у дна температура около $2\frac{1}{2}°$ Ц. — температура наибольшей плотности, соотвѣтствующая наблюдаемой въ данной мѣстности малой степени солености (около $\frac{1}{2}$ ‰). Въ зимнее же время охлажденіе здѣсь достигаетъ до дна, такъ какъ даже въ

*) По мнѣнію Крюммеля, перемѣшиваніе происходитъ не только отъ волнъ, но и подъ вліяніемъ массы планктона, умирающаго на поверхности и при погруженіи на глубины переносящаго туда зимнія поверхностныя температуры.

апрѣлѣ температура всего столба воды въ Аландскомъ морѣ (между Аландскими островами и Швеціею) около 1° Ц., а у Богшера, какъ болѣе мелкаго мѣста, даже около 0° Ц. — Такимъ образомъ вообще ходъ изотермобатъ въ Балтійскомъ морѣ представляется довольно сложнымъ, благодаря разнообразію рельефа и различнымъ условіямъ распредѣленія солености водъ и зимняго охлажденія, пронизывающаго лишь близповерхностные слои равномѣрной солености. Во внутреннемъ морѣ, подобномъ Балтійскому, ходъ изотермобатъ осложняется

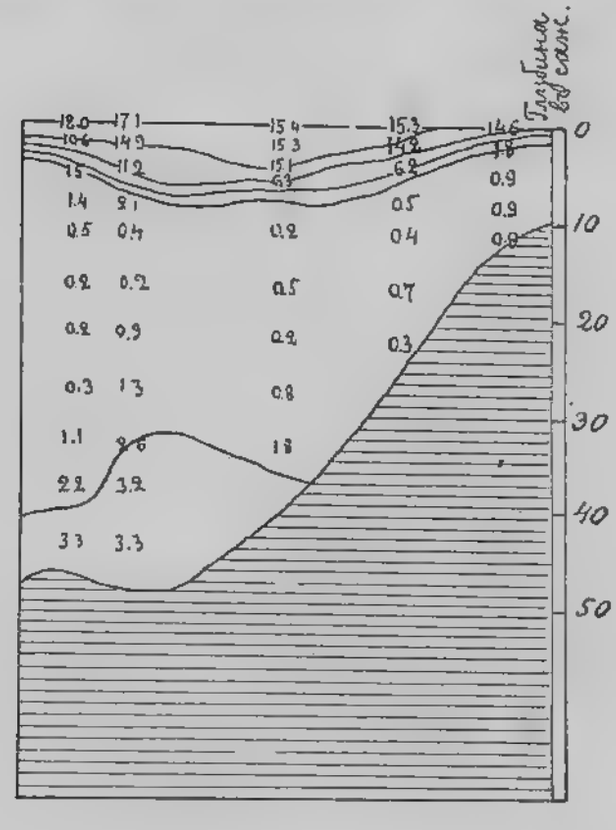


Чер. 236. Вертикальное распредѣленіе температуры по линіи Балтійской впадины между Дарсеромъ и Утэ (Финляндія) въ іюлѣ 1877 года.
——— изотермобаты выше 2° Ц.
. . . » ниже 2° Ц.

еще случайными колебаніями уровня у береговъ подъ вліяніемъ вѣтровъ. При сгонныхъ вѣтрахъ выступающая на поверхность глубинная вода лѣтомъ согрѣвается, а зимою охлаждается, съ перемѣною же вѣтра она опять уходитъ на глубину, почему изотермы у берега лѣтомъ понижаются, а зимою глубины охлаждаются, тогда какъ въ открытомъ морѣ положеніе изотермобатъ почти не мѣняется подъ вліяніемъ того или другого вѣтра.

Разсмотримъ еще термическія условія глубокихъ тропическихъ морей. Изъ нихъ только Красное море является вполнѣ

внутреннимъ, и въ немъ мы встрѣчаемъ подобныя же условія обмѣна водъ съ океаномъ, какъ въ Средиземномъ морѣ. Съ глубины 300 саж. до дна температура остается въ морѣ постоянною 21°,5 Ц. и равною средней зимней температурѣ на поверхности.



Чер. 237. Вертикальное распредѣленіе температуры въ Финскомъ заливѣ (іюль 1889 г.).
——— изотермобаты.

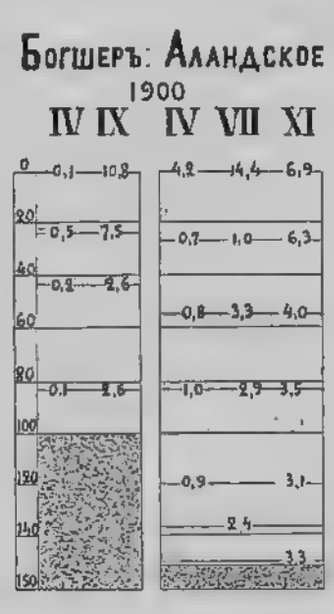
Значеніе же подводнаго Бабель-Мандебскаго порога здѣсь тоже, что и значеніе Гибралтарскаго порога для Средиземнаго моря. До глубины порога температуры по обѣ его стороны почти одинаковы *), тогда какъ глубже порога въ океанѣ температура убываетъ по общему для всѣхъ океановъ правилу, а въ

*) Изъ наблюденій на корветѣ «Витязь» въ мартѣ 1889 г. имѣемъ слѣдующія температуры:

Глуб. въ саж. (метры).	Инд. ок. восточ. Адена.	Бабель-Мандеб. проливъ.	Красное море запад. Джедды.
0	25,6	26,0	25,9
27 (50)	25,7	—	25,4
55 (100)	24,2	25,4	23,4
110 (200)	15,7	—	22,0
220 (400)	12,8	—	21,8
330 (600)	—	—	21,6
440 (800)	11,7	—	—

Красномъ морѣ убываніе имѣетъ своимъ предѣломъ лишь температуру зимняго его охлажденія на поверхности.

Въ Красномъ морѣ зимнія температуры на поверхности мало отличаются отъ температуры океана на глубинѣ Бабель-Мандебскаго порога и потому вліяніе послѣдняго на температуру котловины моря не столь очевидно. Другое дѣло открытыя къ океану тропическія моря съ незначительнымъ зимнимъ охлажденіемъ и отдѣленныя отъ океанскаго ложа болѣе или менѣе высокими подводными порогами; въ этихъ моряхъ рѣзко обнаруживается зависимость температуры дна исключительно отъ глубины подводнаго порога.

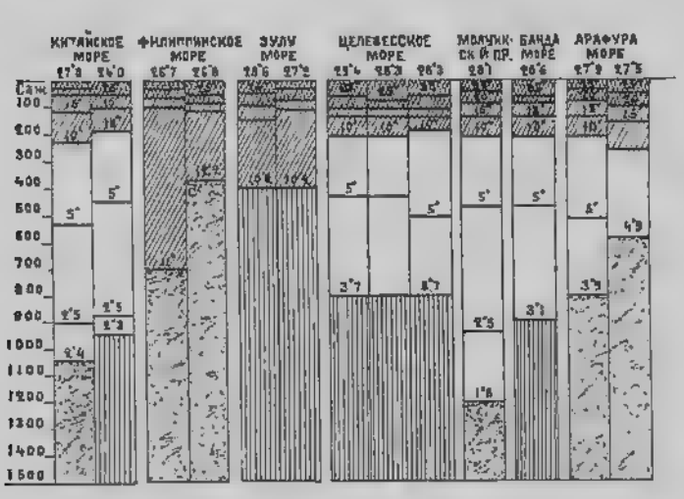


Чер. 238. Вертикальное распредѣленіе температуры (лѣвый столбецъ — глубины въ саж.).

Такъ, въ Карибскомъ морѣ глубина порога, отдѣляющаго его отъ океанскаго ложа, 800—900 саж., и температура убываетъ только отъ поверхности до означенной глубины, а глубже постоянная 4°,2 Ц. и таже, что на той же глубинѣ въ Вестъ-Индской котловинѣ. Но еще лучшимъ примѣромъ въ этомъ отношеніи служатъ моря между Азіею и Австраліею (чер. 239). Въ морѣ Зулу или Миндоро, отдѣленномъ отъ океана подводнымъ порогомъ около 400 саж., температура во всей котловинѣ 10°,2 Ц., соотвѣтственно температурѣ въ Филиппинскихъ водахъ на глубинѣ подводнаго порога; въ морѣ Банда, окруженномъ подводными возвышенностями, на которыхъ глубина не болѣе 870 саж., температура убываетъ только до этой глубины, а глубже остается постоянною 3°,1 Ц. и почти равною океанской температурѣ на той же глубинѣ; въ морѣ Целебесъ, отдѣленномъ порогомъ въ 900 саж., температура глубже порога постоянная 3°,6 Ц. и т. д.

Всѣ вышеупомянутыя моря въ самые холодные мѣсяцы не охлаждаются на поверхности ниже 22°—23° Ц., слѣдовательно, холодъ на глубины ихъ проникаетъ не иначе, какъ изъ сосѣднихъ слоевъ океана, но только изъ такихъ слоевъ, которые расположены выше подводнаго порога, такъ какъ послѣдній не допускаетъ движеніе къ морю болѣе глубокихъ океанскихъ водъ.

Такимъ образомъ не можетъ подлежать сомнѣнію связь между глубиною подводнаго порога, отдѣляющаго какой-либо бассейнъ отъ океанскаго ложа, и температурою на глубинахъ и на днѣ такого бассейна. Съ пониженіемъ порога и температура дна въ тропикахъ понижается, и если бы тропическія моря не отдѣлялись вовсе отъ океанскаго ложа подводными порогами, то и температура дна въ нихъ была бы одинаковою съ температурою дна въ океанѣ.



Чер. 239. Вертикальное распредѣленіе температуры въ моряхъ между Азіею и Австраліею (Challenger).
□ слои съ температурою менѣе 10° Ц.

Признавая такой выводъ справедливымъ для небольшихъ участковъ океана, нѣтъ основанія отрицать его и для всей тропической области океановъ по отношенію къ полярнымъ океанамъ, т. е. не признавать обмѣна водъ на большихъ глубинахъ между полярными и тропическими океанами. Не поддается пока еще объясненію и расчету сила, заставляющая полярныя воды двигаться къ экватору, но что это движеніе существуетъ, въ этомъ насъ убѣждаютъ всѣ наблюденія глубинныхъ температуръ въ океанахъ и моряхъ. Не могутъ быть прослѣжены также пока и частности явленія; мы не можемъ

пояснить во всѣхъ деталяхъ, какимъ образомъ антарктическая холодная вода, спускаясь въ низшія широты, обнаруживаетъ по наблюденіямъ подъ экваторомъ болѣе низкую температуру, чѣмъ въ болѣе южныхъ широтахъ. Въ Индійскомъ океанѣ, напр., ясно виденъ (чер. 220) путь холодной воды по дну изъ антарктической котловины къ Индійской, но почему въ послѣдней измѣрена температура (0° Ц.) ниже почти на 1°, чѣмъ по пути къ ней, отвѣтить трудно. Надо ли во всѣхъ подобныхъ случаяхъ видѣть недочетъ въ точности наблюденій, или же въ знаніи подробностей рельефа океанскаго ложа и всѣхъ его температуръ, или же причина кроется въ различіи температуръ въ разные года или въ другихъ неизвѣстныхъ намъ условіяхъ — все это вопросы, рѣшеніе которыхъ принадлежитъ еще будущему. Для выясненія подобныхъ вопросовъ, равно какъ и вообще для ближайшаго ознакомленія съ термическими особенностями тѣхъ глубинныхъ водъ, температура которыхъ считается теперь нами постоянною изъ года въ годъ, между тѣмъ какъ она можетъ быть измѣняется, необходимо стремиться къ однообразію методовъ глубинныхъ наблюденій и увеличенію ихъ точности, а вмѣстѣ съ тѣмъ и къ увеличенію наблюденій въ пространствѣ и во времени. Имѣющіяся теперь глубинныя наблюденія произведены термометрами различныхъ конструкцій (Мил.-Каз. и Негр.-Зам.) съ дѣленіями на цѣлые градусы, такъ что отсчетъ могъ быть производимъ лишь въ самомъ благопріятномъ случаѣ до десятой доли градуса; если же принять во вниманіе, что нѣкоторые термометры могли быть не свободны отъ вліянія давленія, что поправки во многихъ случаяхъ опредѣлялись не съ одинаковою точностью и, наконецъ, что наблюденія относятся къ разнымъ годамъ, то съ большою вѣроятностью можно сказать, что сравнимость отдѣльныхъ наблюденій едва ли допустима въ болѣе тѣсныхъ предѣлахъ, чѣмъ разницы, обнаруженныя до сего времени между температурами дна у экватора и по пути движенія къ нимъ полярныхъ водъ.

Во всякомъ случаѣ сомнѣваться теперь въ охлажденіи тропиковъ путемъ проникновенія къ нимъ полярныхъ водъ мы не имѣемъ пока никакого основанія. Охлажденіе глубинъ началось въ ту геологическую эпоху, когда на земномъ шарѣ стала обозначаться разность температуръ и, слѣдовательно, разность климатовъ. Это охлажденіе проникало постепенно въ тропики, и теперь средняя температура всего столба въ тропическихъ океанахъ весьма низкая. По вычисленіямъ профес. Воейкова, мы имѣемъ слѣдующія среднія температуры океановъ.

Широты.	Атлантическій ок.	Тихій ок.
40°—20° с. ш.	5°,3 Ц.	3°,2 Ц.
20°—экваторъ	4°,3	3°,7
Экваторъ—20° ю. ш. .	4°,1	4°,1
20°—40° ю. ш.	3°,5	3°,3

Принимая въ расчетъ пространство океановъ, Воейковъ получилъ среднюю температуру всего столба воды въ обоихъ океанахъ въ поясѣ 20° с.—20° ю. ш. почти 4° Ц. Вотъ до какой степени произошло охлажденіе тропическихъ водъ.

Химическій составъ морскихъ водъ.

Соли морской воды. Чистая вода, какъ химическое соединеніе (H_2O) двухъ объемовъ водорода и одного кислорода, можетъ быть получена только путемъ дистиляціи, вода же въ природѣ всегда содержитъ въ себѣ нѣкоторую примѣсь солей, газовъ и органическихъ веществъ. Даже вода, выпадающая изъ атмосферы (дождь, снѣгъ и т. п.), считаемая въ житейскомъ обиходѣ чистою водою, содержитъ въ своемъ растворѣ газы воздуха, азотную кислоту, амміакъ, органическія соединенія, подмѣсь атмосферной пыли и незначительное количество солей натрія, магнія и кальція. Рѣчныя воды содержатъ уже значительное количество твердыхъ составныхъ частей, а изъ растворимыхъ веществъ чаще всего углеизвестковыя соли. Вода рѣки

Невы, одна изъ самыхъ чистыхъ рѣчныхъ водъ, содержитъ[82]) въ одномъ кубическомъ метрѣ $15^1/_4$ гр. углеизвестковой соли, 7,4 углемагнезіальной соли, 1,6 поваренной соли, 2,4 сѣрнонатровой соли, 1,3 сѣрнокаліевой, 1,2 углежелѣзистой соли, 2,6 хлористаго аллюминія и 0,5 кремнезема. Въ общемъ однако количество солей въ рѣчныхъ водахъ столь незначительно, что онѣ не ощущаются на вкусъ, и потому такія воды называютъ прѣсными. Тоже самое имѣетъ мѣсто въ водахъ проточныхъ озеръ и ручьевъ.

Другое дѣло морская вода; горькосоленый ея вкусъ прямо указываетъ на значительное содержаніе въ ней поваренной и магнезіальныхъ солей. Болѣе всего растворено въ морской водѣ поваренной соли (хлористый натрій), и потому эта вода служитъ однимъ изъ источниковъ добыванія упомянутой соли. Подвергая нѣкоторое количество морской воды въ искусственныхъ водоемахъ испаренію, растворъ ея достигаетъ скоро степени насыщенія, и начинается выдѣленіе солей въ порядкѣ ихъ концентраціи и степени растворимости; одновременно или даже ранѣе осажденія поваренной соли выдѣляется сѣрноизвестковая соль (гипсъ), какъ обладающая малою растворимостью, а послѣ того, какъ выдѣлится около половины поваренной соли, къ ней примѣшиваются сѣрномагнезіальныя (горькія) соли, и наконецъ соли хлористаго калія и магнія, изъ которыхъ послѣдній отличается весьма значительною растворимостью и потому позже всего осаждается. Отъ естественнаго испаренія морской воды получились и находимые въ пластахъ земной коры залежи твердой, такъ называемой каменной соли; испареніе происходило, очевидно, въ морскихъ водоемахъ, отдѣлявшихся отъ океана и лишенныхъ притока прѣсныхъ водъ. Въ этихъ залежахъ наблюдается тотъ же порядокъ напластованія солей, какъ и при искусственномъ ихъ выдѣленіи. Такимъ образомъ, напр., извѣстныя залежи каменной соли въ Страссфуртѣ, близъ Магдебурга (стр. 97), происшедшія вѣроятно изъ осажденія солей высохшаго морского участка въ Пермскомъ періодѣ, имѣютъ внизу

поваренную соль, смѣшанную съ сѣрноизвестковой, а выше смѣсь поваренной съ сѣрномагнезіальной солью, а въ самомъ верхнемъ пластѣ соли хлористаго калія и хлористаго магнія.

Естественное осажденіе солей изъ морской воды можно наблюдать и теперь въ нѣкоторыхъ морскихъ участкахъ, находящихся въ особыхъ условіяхъ. Такъ, въ Карабугазскомъ заливѣ (Каспійское море) дно состоитъ изъ гипса, покрытаго мѣстами значительною толщею глауберовой соли, а на прибрежьѣ встрѣчаются и кристаллы поваренной соли [83]).

Изученіе состава морской воды началось въ началѣ XIX столѣтія, но полныя изслѣдованія въ этомъ отношеніи относятся лишь ко второй половинѣ того столѣтія. Первый занялся такими изслѣдованіями Форхгаммеръ въ Копенгагенѣ, въ 1865 году, затѣмъ слѣдуютъ анализы профес. Шмидта, Якобсена, Торнэо и Дитмара [84]). Этими изслѣдованіями установлено, кромѣ веществъ, входящихъ въ вышепоименованныя соли, присутствіе въ морской водѣ слѣдующихъ простыхъ тѣлъ: бромъ, обнаруживаемый легко въ маточномъ растворѣ при выдѣленіи морской соли путемъ испаренія; фосфоръ въ видѣ фосфорнокислой соли; азотъ въ амміакѣ и въ органической матеріи; углеродъ въ карбонатахъ, въ свободной углекислотѣ и частью въ органической матеріи; кремній въ видѣ кремнекислыхъ солей; іодъ (слѣды), барій, мѣдь, цинкъ, кобальтъ, никкель, барій, стронцій и марганецъ, обнаруживаемые большею частью при анализѣ пепла морскихъ растеній; фторъ — въ накипи морскихъ котловъ; серебро и свинецъ — въ одномъ изъ видовъ коралловъ; литій обнаруженъ спектральнымъ анализомъ, и, наконецъ, желѣзо, мышьякъ, аллюминій, цезій, рубидій и золото. Въ общемъ въ составъ морской воды входитъ до 32 изъ всего числа извѣстныхъ до сего времени простыхъ тѣлъ, хотя большинство ихъ встрѣчается въ столь ничтожномъ количествѣ, что можетъ быть констатировано ихъ присутствіе только косвеннымъ путемъ. Что же касается морскихъ солей, то въ океанской водѣ наи-

болѣе существенную часть составляютъ хлористыя соли (хлориды), а второстепенныя—сѣрнокислыя (сульфаты) и углекислыя соли (карбонаты). По анализамъ Дитмара [85]) 77 образцовъ океанской воды, собранныхъ на „Challenger'ѣ, мы имѣемъ въ среднемъ выводѣ слѣдующія количества составныхъ частей морскихъ солей:

	На 100 частей всѣхъ солей.	На 100 частей галоидовъ вычислен. какъ хлоръ.
Хлоръ	55,292	99,848
Бромъ.	0,1884	0,3402
Сѣрная кислота, SO_3.	6,410	11,576
Углекислота, CO_2.	0,152	0,2742
Известь, CaO	1,676	3,026
Магнезія, MgO	6,209	11,212
Поташъ, K_2O	1,332	2,405
Сода, Na_2O	41,234	74,462
Основ. кислородъ эквив. галоидамъ.	(—12,493)	—
Общее количество солей . . .	100,000	180,584

Комбинируя кислоты и основанія по способу наиболѣе вѣроятныхъ химическихъ соединеній, Дитмаръ приходитъ къ слѣдующему составу солей въ океанской водѣ, выражая ихъ въ процентахъ общаго количества всѣхъ солей *):

*) Химическимъ анализомъ опредѣляются отдѣльные элементы въ морской водѣ, а не комбинаціи ихъ; послѣднія выводятся на основаніи способности отдѣльныхъ элементовъ образовывать тѣ или другія химическія соединенія, и потому комбинація Дитмара является гипотетической. Дитмаръ напр. даетъ еще и другую комбинацію сульфатовъ и карбонатовъ, именно: сульф. магнія 4,323, извести 4,070, и карбонаты магнія 0,290. Ни одна изъ этихъ комбинацій не можетъ считаться выраженіемъ истиннаго положенія вещей, но Дитмаръ считаетъ первую комбинацію болѣе вѣроятною.

Хлористый натрій (поваренная соль)	77,758%
„ магній	10,878
Сульфаты магнія	4,737
„ извести	3,600
„ калія	2,465
Бромистый магній	0,217
Карбонаты извести	0,345

Подобный составъ можетъ считаться нормальнымъ для всѣхъ открытыхъ частей океановъ, такъ какъ колебанія солености въ нихъ вообще малы; изъ наблюденій Challenger'a наименьшая соленость 3,30% (Инд. ок. 66° ю. ш.) и наибольшая 3,74% (Атл. ок. 23° с. ш.).

Во внутреннихъ моряхъ, сильно опрѣсняемыхъ рѣчными водами, доставляющими много сѣрнокислыхъ солей, какъ напр., въ Черномъ и Азовскомъ моряхъ, относительное количество сѣрнокислыхъ солей болѣе, чѣмъ въ океанской водѣ.

Способы опредѣленія солености морскихъ водъ. Небольшія колебанія въ солености океанскихъ водъ можно представить себѣ, какъ слѣдствіе мѣстныхъ измѣненій концентраціи, подъ вліяніемъ мѣстныхъ условій испаренія и опрѣсненія атмосферными водами, безъ измѣненія пропорціональности между отдѣльными составными солями. На такомъ предположеніи основаны простѣйшіе способы опредѣленія солености и между прочимъ возможность опредѣленій на суднѣ, не прибѣгая къ химическому анализу и способу взвѣшиванія, не примѣнимыми вовсе въ судовой обстановкѣ.

Такіе способы состоятъ въ опредѣленіи для даннаго образца морской воды 1) удѣльнаго вѣса (физическій способъ) и 2) количества хлора посредствомъ титрованія (химическій способъ).

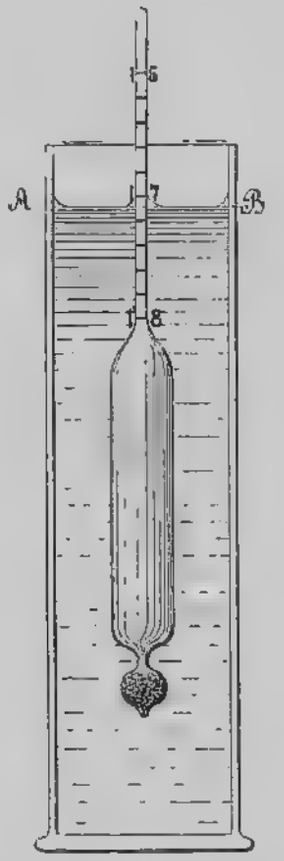
Образцы воды съ глубинъ достаются батометрами, объ устройствѣ которыхъ сказано на стр. 439—442.

Удѣльный вѣсъ образцовъ морской воды на суднѣ удобнѣе всего опредѣлять посредствомъ ареометра съ постояннымъ

вѣсомъ (чер. 240). Предпочтительно слѣдуетъ употреблять стеклянныя ареометры, такъ какъ металлическія могутъ ржавѣть и тѣмъ измѣняться въ вѣсѣ. Стекло, изъ котораго дѣлаются ареометры, должно быть точно изучено въ отношеніи коэффиціента расширенія. Изготовляемые въ настоящее время въ Килѣ стеклянные ареометры Кюхлера состоятъ обыкновенно изъ цѣлой серіи ареометровъ, изъ которыхъ каждый предназначается для извѣстнаго удѣльнаго вѣса; напримѣръ, въ наборѣ изъ пяти ареометровъ имѣемъ ареометры со шкалами

отъ	1,0000	до	1,0070
„	1,0060	„	1,0130
„	1,0120	„	1,0190
„	1,0180	„	1,0250
„	1,0240	„	1,0310

при чемъ каждое дѣленіе соотвѣтствуетъ 0,0002 и дѣленія на столько велики, что отсчетъ можетъ быть произведенъ на глазъ до 0,0001. Наборъ изъ 10 ареометровъ имѣетъ дѣленія показывающія 0,0001 и отсчетъ на глазъ даетъ 0,00005. Дѣленія относятся къ температурѣ 17°5 Ц., принимая за единицу дистиллированную воду при 17°5 Ц.



Чер. 240. Ареометръ, погруженный въ стаканъ съ испытуемою водою. Дѣленія 16,17 и т. д. обозначаютъ удѣльный вѣсъ 1,016, 1,017 и т. д.

Самыя наблюденія по ареометру не особенно сложны, но требуютъ большихъ предосторожностей. Предварительно обмывъ ареометръ въ дистиллированной водѣ и обтеревъ сухимъ полотенцемъ, погружаютъ его въ особый при наборѣ стаканъ съ изслѣдуемой водою и, направивъ лучь зрѣнія по уровню воды, отмѣчаютъ снизу на шкалѣ дѣленіе, около кото-

раго устанавливается ареометръ, и изъ этого отсчета вычитаютъ величину капиллярнаго поднятія воды у стержня ареометра. При наблюденіи слѣдуетъ заботиться, чтобѣ на ареометрѣ не было какихъ-либо постороннихъ тѣлъ (напримѣръ, ворсинокъ) и пузырьковъ воздуха. Для возможности наблюденій на качкѣ полезно ареометрическій стаканъ подвѣшивать на карданическомъ подвѣсѣ, подобно морскому барометру, но все же можетъ случится, что и при такихъ условіяхъ нельзя будетъ въ морѣ произвести точно отсчетъ. Въ послѣднемъ случаѣ слѣдуетъ брать образцы воды и сохранять ихъ въ особыхъ стеклянныхъ бутылкахъ съ притертыми пробками до ближайшаго мѣста якорной стоянки *). Одновременно съ отсчетомъ ареометра должна быть опредѣлена температура изслѣдуемой воды, что можетъ быть сдѣлано или совмѣстнымъ погруженіемъ съ ареометромъ термометра, если стаканъ имѣетъ достаточные размѣры, или же опредѣленіемъ температуры до и послѣ отсчета ареометра, допуская, что среднее изъ такихъ опредѣленій соотвѣтствуетъ температурѣ при отсчетѣ ареометра. Такое допущеніе будетъ тѣмъ ближе къ истинѣ, чѣмъ медленнѣе измѣняется температура образца воды въ продолженіе опыта. Лучше всего, если эта температура почти не мѣняется и потому рекомендуется вообще отсчитывать ареометръ не тотчасъ по его погруженіи въ стаканъ, а спустя нѣкоторое время, когда температура въ стаканѣ нѣсколько установится. Употребляемые ареометры должны быть вывѣрены путемъ ли взвѣшиванія, или путемъ сравненія съ другимъ хорошо провѣреннымъ ареометромъ, принятымъ за нормальный. Поправки ареометровъ слѣдуетъ опредѣлять до плаванія и послѣ плаванія, такъ какъ онѣ могутъ мѣняться отъ стиранія и растворенія стекла. По даннымъ Кольрауша [86]) величина стиранія и раствореніе стекла, изъ котораго обыкновенно изготовляются Кюхлеровскіе арео-

*) Собираніе образцовъ полезно и независимо отъ производства наблюденій на суднѣ съ цѣлью болѣе точныхъ опредѣленій солености въ лабораторіи на берегу.

метры, крайне мала, но вице-адмиралъ С. О. Макаровъ [87]), сравнивая поправки употреблявшихся имъ въ теченіе трехъ лѣтняго плаванія ареометровъ до и послѣ плаванія, вывелъ величину растворенія въ семь разъ большую, чѣмъ даетъ Кольраушъ. По мнѣнію С. О. Макарова измѣненія поправокъ ареометровъ съ теченіемъ времени могутъ происходить также и отъ сжатія стекла, однако это можетъ быть справедливо лишь по отношенію къ ареометрамъ, изготовленнымъ изъ обыкновеннаго стекла, а не изъ неизмѣняемаго іенскаго стекла, какое обыкновенно рекомендуется для точныхъ ареометрическихъ наблюденій.

Удѣльный вѣсъ измѣняется не только съ измѣненіемъ солености образца, но и съ измѣненіемъ его температуры, поэтому для выводовъ солености необходимо исключать вліяніе температуры, и съ этою цѣлью приводятъ удѣльные вѣса, наблюденные при произвольной температурѣ, къ нѣкоторой постоянной, избранной за норму. За такую норму въ Англіи принимаютъ 60° F. = 15°,56 Ц., и за единицу дистиллированную воду при 4° Ц., въ Германіи же 17°,5 Ц. и за единицу дистиллированную воду также при 17°,5 Ц. Для краткости обозначаютъ первую норму выраженіемъ $\frac{15°,56}{4°}$, а вторую — $\frac{17°,5}{17°,5}$.

Для приведенія удѣльнаго вѣса къ нормѣ изслѣдуютъ путемъ лабораторныхъ опытовъ измѣняемость опредѣленнаго объема воды при измѣненіи температуры; на основаніи такихъ данныхъ можно уже составить таблицы для приведенія удѣльнаго вѣса къ какой угодно нормѣ *).

---

*) Пусть $s\frac{t}{t'}$, будетъ удѣльный вѣсъ при температурѣ t отнесенный къ единицѣ при температурѣ t'; V — вѣсъ единицы объема морской воды и v — дистиллированной, тогда переходъ отъ $s\frac{t}{t'}$, къ $s\frac{t_1}{t_1'}$ получается на основаніи слѣдующихъ общепонятныхъ формулъ:

$$s\frac{t}{t'} = s\frac{t}{0°}\,\frac{v(t')}{v(0°)}$$

Для дистиллированной воды наиболѣе точныя данныя расширенія воды отъ температуры получены Розетти, для морской же воды подобными изслѣдованіями занимались Гюббардъ, Экманъ, Диттмаръ, Торноэ, Торпе, Рюккеръ и Кнудсенъ и наконецъ для искусственныхъ растворовъ Карстенъ, Ленцъ и Рѣзцовъ [88]). Изъ упомянутыхъ авторовъ Экманъ пользовался 4-мя образцами морской воды разной солености; Торпе и Рюккеръ сдѣлали опредѣленія расширенія также для 4-хъ разныхъ соленостей, но ими взятъ былъ для этого только одинъ образецъ, и они его или разбавляли дистиллированною водою или увеличивали соленость кипяченіемъ. Также и Диттмаръ опредѣлилъ расширеніе воды при 2-хъ соленостяхъ изъ одного образца воды и наконецъ Гюббардъ и Торноэ, взявъ только одинъ образецъ морской воды, ограничились изслѣдованіями для одной солености. Изслѣдованія Экмана и сопоставленіе ихъ съ данными Розетти показываютъ зависимость коэффиціента расширенія воды отъ степени солености. Коэффиціентъ расширенія больше для морской воды, чѣмъ для дистиллированной, и притомъ онъ возрастаетъ съ увеличеніемъ солености и температуры. Эта зависимость его отъ температуръ и солености выражается, повидимому, нѣкоторой кривой, что

$$s\frac{t}{0^\circ} = s\frac{t_1}{0^\circ} \cdot \frac{V(t_1)}{V(0^\circ)} \cdot \frac{V(0^\circ)}{V(t)}$$

$$s\frac{t_1}{0^\circ} = s\frac{t_1}{t_1'} \cdot \frac{v(0^\circ)}{v(t_1')}$$

откуда имѣемъ:

$$s\frac{t}{t'} = s\frac{t_1}{t_1'} \cdot \frac{v(0^\circ)}{v(t_1')} \cdot \frac{v(t')}{v(0)} \cdot \frac{V(t_1)}{V(0)} \cdot \frac{V(0^\circ)}{V(t)} =$$

$$= s\frac{t_1}{t_1'}\left[\frac{V(t_1)}{V(0)} \cdot \frac{V(0)}{V(t_1)} \cdot \frac{v(t')}{v(t_1')}\right].$$

Величины въ скобкахъ получаются изъ опытовъ надъ расширеніемъ морской и дистиллированной воды при разныхъ температурахъ.

видно изъ сопоставленія данныхъ Экмана, Торпе и Рюккера *), и необходимы опыты надъ расширеніемъ многихъ образцовъ морской воды различной солености, чтобы имѣть цѣлый рядъ точекъ для изображенія искомой кривой. Опыты вышеупомянутыхъ ученыхъ не удовлетворяютъ этому условію, только опыты Экмана ближе къ этому подходятъ. Сопоставленіе данныхъ Экмана съ другими показываетъ, что онѣ занимаютъ средину между выводами Торпе и Рюккера и Диттмара. Торноэ даетъ результаты довольно близкіе къ Экмановскимъ. Въ общемъ выводы вышеупомянутыхъ изслѣдователей обнаруживаютъ разницы въ четвертомъ десятичномъ знакѣ. Составленныя на основаніи тѣхъ же опытовъ таблицы поправокъ [89]) для приведенія удѣльнаго вѣса, наблюденнаго при произвольной температурѣ, къ нормамъ $\frac{15°,56}{4}$ или $\frac{17°,5}{17,5}$ приводятъ къ тѣмъ же разницамъ **).

---

*) Приводимъ здѣсь интерполяціонныя формулы, составленныя на основаніи опытовъ, для полученія объема v при любой температурѣ t и для единицы объема при 0°. Торпе и Рюккеръ: $v\frac{t}{0°} = 1 + 0{,}000057682\,t + 0{,}0000060715\,t^2 - 0{,}000000032983\,t^3$ (для уд. в. = 1,0287 и t отъ 0° до 36° Ц.).

Торноэ: $v\frac{t}{0°} = 1 + 0{,}000052733\,t + 0{,}0000061738\,t^2 - 0{,}000000003752\,t^3$ (для уд. в. = 1,0270 и t отъ —4° до 20° Ц.).

Карстена формула для искусственныхъ растворовъ:

$$v\frac{t}{17,5} = 0{,}99746 + 0{,}00004\,t + 0{,}000006\,t^2$$

**) Положимъ, удѣльный вѣсъ = 1,0270, то для 30° и 0° Ц. имѣемъ для приведенія къ $\frac{17,5}{17,5}$ слѣдующія поправки въ послѣднихъ пяти десятичныхъ знакахъ:

	по Экману,	Диттмару,	Торпе-Рюккеру,	Торноэ,	Кнудсену.
При 30° попр.	+330	+321	+335	+327	+344
» 0° »	—221	—226	—228	—224	—219

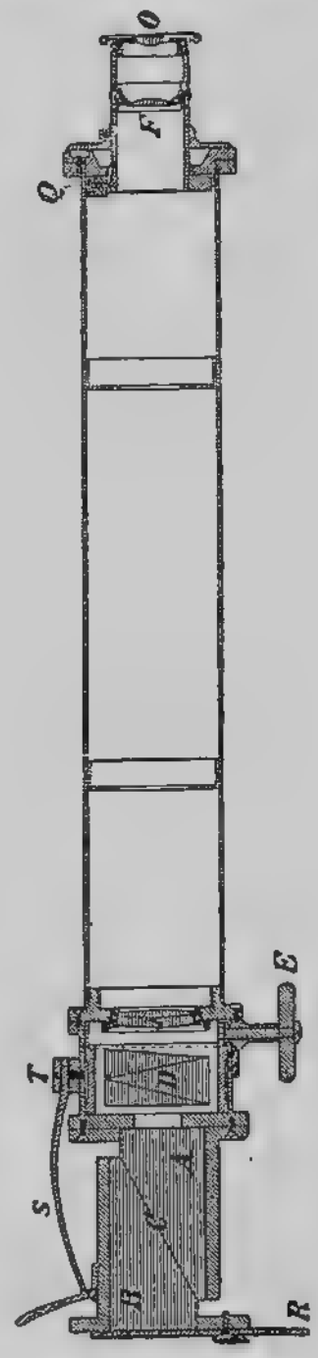
Разница при 30° болѣе чѣмъ единица въ 4-мъ десятичномъ знакѣ, а при 0° до девяти единицъ въ 5-мъ десятичномъ знакѣ. Въ общемъ приведеніе можетъ считаться надежнымъ до единицы въ 4-мъ десятичномъ знакѣ. Наименѣе точны таблицы Карстена при малой солености и высокой температурѣ.

Разнообразіе данныхъ таблицъ и методовъ, послужившихъ для ихъ составленія, побудили Стокгольмскую морскую конференцію 1899 г. (стр. 40) поручить Кнудсену произвести тщательные лабораторные опыты для установленія возможно точной связи между температурою, удѣльнымъ вѣсомъ, соленостью и количествомъ хлора. Для этихъ опытовъ набирались образцы морской воды изъ Балтійскаго моря, Каттегата, Скагеррака, Нѣмецкаго моря, Атлантическаго и Сѣвернаго Ледовитаго океановъ, Средиземнаго и Краснаго морей и Индійскаго океана. Для 14 изъ этихъ образцовъ были опредѣлены взвѣшиваніемъ удѣльные вѣса, черезъ каждые 5° температуры, между 0° и 30° Ц., и по методѣ наименьшихъ квадратовъ вычислены объемы, какъ функція температуры до третьей степени; также опредѣлены удѣльные вѣса 32 образцовъ при 0° и 24°,6 Ц. со средней ошибкой до единицы въ 6-мъ десятичномъ знакѣ и, наконецъ, опредѣлялись количество хлора титрованіемъ и количество солей посредствомъ выпариванія воды и взвѣшиванія сухого остатка. Результатомъ опытовъ явились гидрографическія таблицы [90]), въ которыхъ между прочимъ одна таблица даетъ поправки для приведенія удѣльнаго вѣса къ нормѣ $\frac{17,5}{17,5}$ для того случая, когда ареометръ приготовленъ изъ іенскаго, такъ называемаго нормальнаго стекла 16^{III}, и добавочныя къ нимъ поправки для различныхъ температуръ и для разныхъ коэффиціентовъ расширенія стекла, для случаевъ, когда работаютъ ареометромъ, сдѣланнымъ изъ другихъ сортовъ стекла, а не изъ іенскаго нормальнаго стекла *).

Для опредѣленій удѣльнаго вѣса на суднѣ профес. Крюм-

*) Кромѣ поправки на температуру, являющейся слѣдствіемъ измѣненія удѣльнаго вѣса воды при измѣненіи температуры, необходимо вводить при приведеніи удѣльнаго вѣса къ нормѣ еще поправку отъ расширенія или сжатія самаго стекляннаго тѣла ареометра при измѣненіи температуры. Послѣдняя поправка расчисляется на основаніи опредѣленій коэффиціента расширенія стекла, изъ котораго изготовленъ ареометръ, и, будучи выражена въ единицахъ шкалы ареометра, можетъ быть введена въ общую таблицу поправки на температуру.

мель также рекомендуетъ пользоваться видоизмѣненнымъ рефрактометромъ Аббе, называемымъ двойнымъ рефрактометромъ, впервые употреблявшимся лѣтомъ 1889 г. въ нѣмецкой экспедиціи, имѣвшей цѣлью изслѣдованія планктона въ Атлантическомъ океанѣ [91]). Употребленіе рефрактометра основано на зависимости показателя преломленія отъ степени солености воды. Устройство двойного рефрактометра слѣдующее (чер. 241). Передъ объективомъ зрительной трубы *FO* (увеличивающей около 20 разъ) установлены двѣ призмы *A* и *B*, прилегающія одна къ другой поверхностями гипотенузъ; призма *B* удерживается на мѣстѣ пружинною пластинкою *S*. Обѣ призмы по линіи главнаго сѣченія раздѣляются глубокимъ желобомъ на двѣ половинки, такъ что капли воды, введенныя въ эти половинки, не могутъ смѣшаться. Между призмами и объективомъ имѣется компенсаторъ *D* (призма), поворачиваніемъ котораго помощью ручки *E* вокругъ оси устраняется окрашиваніе лучей, вступающихъ въ объективъ трубы. Въ окулярной трубкѣ въ *F* помѣщена микрометрическая шкала на плоской сторонѣ линзы. Винтъ *Q* служитъ для передвиженія окулярной трубки, а задвижка *R* для закрыванія попеременно то правой, то лѣвой половины призмъ.



Чер. 241. Двойной рефрактометръ.

Передъ наблюденіемъ освобождаютъ пружинку S, снимаютъ призму B и очищаютъ гипотенузовыя поверхности C обѣихъ призмъ до достиженія полной зеркальности. Затѣмъ вводятъ каплю дистиллированной воды въ правую половинку, а каплю морской воды, удѣльный вѣсъ которой опредѣляется, въ лѣвую половинку поверхности C призмы A. Затѣмъ, наложивъ призму B на A, закрѣпляютъ пружинку S. Если послѣ этого посмотрѣть въ трубу, держа ее призмою B къ свѣту, то легко замѣтить въ полѣ зрѣнія свѣтлыя и темныя части и переходъ отъ одной къ другой въ видѣ слегка окрашенной полоски. Вращеніемъ компенсатора D можно достигнуть исчезновенія подобнаго окрашиванія. Затѣмъ, закрывая задвижкою R послѣдовательно, сначала правую, а послѣ лѣвую половинки призмъ, производятъ каждый разъ по микрометрической шкалѣ отсчетъ, соотвѣтствующій положенію полоски, отдѣляющей свѣтлую отъ темной половинки. Пусть первый отсчетъ d, второй — s, то, при сохраненіи одной и той же температуры во время наблюденій, разность $s - d = \rho$ была бы пропорціональна удѣльному вѣсу, если бы показатель преломленія для дистиллированной и морской воды измѣнялся одинаково съ измѣненіемъ температуры и съ измѣненіемъ солености морской воды: въ такомъ случаѣ достаточно было бы опредѣлить коэффиціентъ пропорціональности при одной какой-либо температурѣ и для одного образца морской воды, чтобы затѣмъ имъ пользоваться во всѣхъ случаяхъ для опредѣленія удѣльнаго вѣса морской воды помощью даннаго рефрактометра. Изслѣдованія Крюммеля [93]) показываютъ, однако, что ρ зависитъ отъ температуры, причемъ вліяніе послѣдней увеличивается съ увеличеніемъ солености. Поправки отъ этого зависящія, равно какъ и коэффиціентъ пропорціональности для перехода отъ ρ къ удѣльному вѣсу, напр. при $17^{\circ}5$ Ц., т. е. къ $s\frac{17,5}{17,5}$, должны быть опредѣлены для каждаго рефрактометра отдѣльно. Точность опредѣленія удѣльнаго вѣса морской воды

посредствомъ двойного рефрактометра можетъ быть доведена до 0,0001, если отсчетъ по микрометрической шкалѣ можетъ получиться до 0,1. Для достиженія подобной точности Крюммель рекомендуетъ производить три ряда наблюденій для даннаго образца морской воды, притомъ для каждаго ряда дѣлать по нѣсколько отсчетовъ и пользоваться только отсчетами установившимися, т. е. неизмѣняющимися. Хотя и помощью ареометра достигается легко точность въ 0,0001, но способъ рефрактометра имѣетъ слѣдующія преимущества: 1) для опредѣленія удѣльнаго вѣса достаточно ничтожнаго количества даннаго образца воды, 2) приборъ не ломкій и портативный, 3) наблюденія на морѣ возможны при всякой погодѣ, тогда какъ ареометромъ трудно пользоваться уже при волненіи, превышающемъ 4 балла. Диксонъ [93]) предлагаетъ вмѣсто дистиллированной воды, какъ базисъ для элиминированія температуры, употреблять какую-нибудь морскую воду опредѣленнаго удѣльнаго вѣса, но, по замѣчанію Крюммеля, нельзя быть увѣреннымъ въ постоянствѣ солености подобнаго образца воды.

Способъ титрованія. Для опредѣленія количества хлора (собственно хлора, брома и іода) существуетъ два способа титрованія—Мора и болѣе точный Фольгарда, но изъ нихъ на суднѣ доступнѣе способъ Мора. Способъ титрованія хлора основанъ на томъ, что хлоръ выдѣляется изъ образца морской воды растворомъ азотнокислаго серебра съ примѣсью небольшого количества раствора средняго хромоваго кали. Азотнокислое серебро осаждаетъ изъ даннаго образчика морской воды хлоръ въ видѣ бѣлаго нерастворимаго хлористаго серебра и въ тотъ моментъ, когда весь хлоръ выдѣлится, прибавка еще вышеуказаннаго раствора образуетъ хромовокислую соль серебра, придающую сильный красноватый оттѣнокъ испытываемому образчику воды. Эта окраска и служитъ признакомъ момента выдѣленія всего хлора изъ взятаго образца морской воды. Такимъ образомъ, чтобы опредѣлить количество хлора въ данномъ образцѣ морской воды, слѣдуетъ приготовить заранѣе такой растворъ азот-

нокислаго серебра (титръ) въ 1 литрѣ дистиллированной воды, чтобы одинъ кубич. сант. его достаточенъ былъ для выдѣленія 0,01 гр. *) хлора, и, прибавивъ къ нему около 2-хъ куб. сант. средняго хромоваго кали, наливаютъ его въ пипетку съ дѣленіями на сотыя кубич. сант., а въ особый стаканчикъ нѣкоторое количество, напр. 10 куб. сант. испытываемой морской воды. Затѣмъ прибавляютъ изъ пипетки титръ до появленія краснаго цвѣта въ стаканчикѣ; если при этомъ окажется расходъ титра въ 20 куб. сант., то взятый образчикъ воды въ 10 куб. сант. содержитъ 0,2 гр. хлора или 20 гр. его на 1 литръ. Такъ какъ въ 10 куб. сант. обыкновенной океанской воды, соленостью около 35 на 1000, содержится около 0,19 гр. хлора, поэтому для ускоренія операціи въ подобныхъ случаяхъ слѣдуетъ сначала въ стаканчикъ влить прямо напр. 18 куб. сант. титра, а затѣмъ уже изъ градуированной пипетки прибавлять его по каплямъ. Если требуется вдвое большая точность для такихъ наблюденій, то титръ долженъ быть приготовленъ для выдѣленія 0,005 гр. хлора на 1 куб. сант. титра (т. е. 23,943 аз. сер. на 1 литръ). При титрованіи отмѣчаютъ температуру титра и образца воды и наблюденія приводятъ къ какой-либо одной температурѣ посредствомъ особой таблички, спеціально составленной для даннаго титрованнаго раствора. Сохраненіе титрованныхъ растворовъ долгое время при частомъ ихъ употребленіи на суднѣ совершенно невозможно, и потому на судно берутъ лишь точно отвѣшенныя на берегу опредѣленныя порціи азотнокислаго серебра, помѣщая ихъ въ особыя склянки съ притертыми пробками, и каждый разъ по мѣрѣ надобности, когда старый растворъ придетъ въ негодность, данное количество титра растворяютъ въ литрѣ дистиллированной воды. Необходимо указать, что слѣдуетъ всегда до наблюденій производить контроль каждаго титрованнаго раствора, для чего берется

*) Для этого надо 47,887 гр. азотнокислаго серебра, точно взвѣшеннаго послѣ осушки при 100° Ц.

вода, въ которой еще раньше въ лабораторіи на берегу было опредѣлено точно содержаніе хлора.

Вычисленіе солености по удѣльному вѣсу и количеству хлора. Однообразный относительный составъ солей въ океанской водѣ съ значительнымъ преобладаніемъ въ ней хлора даетъ возможность установить экспериментальнымъ путемъ соотношеніе между удѣльнымъ вѣсомъ, количествомъ хлора и соленостью.

Обозначимъ удѣльный вѣсъ, приведенный къ нормѣ, черезъ $s\frac{t_1}{t_1'}$, соленость на 1000 вѣсовыхъ частей черезъ $S^0/_{00}$, и положимъ $\left(s\frac{t_1}{t_1'} - 1\right) 1000 = \rho_{t_1}$, то для полученія солености по удѣльному вѣсу имѣемъ слѣдующія эмпирическія формулы:

1) при $t_1 = 60°$ $F = 15°,56$ Ц., $t_1' = 4°$ Ц.

$$S^0/_{00} = 1{,}35\, \rho_{15{,}56}$$ (по даннымъ Challenger'a).

2) при $t_1 = 17°,5$ Ц., $t_1' = 17°,5$ Ц.

$$S^0/_{00} = 1{,}31\, \rho_{17{,}5}$$ (по Карстену и Мейеру).

$$S^0/_{00} = 1{,}319\, \rho_{17{,}5}$$ (по Торноэ).

Изъ таблицъ Кнудсена для $\rho_{17,5}$, въ предѣлахъ значеній ρ отъ 17 до 28, выводимъ

$$S^0/_{00} = 1{,}309\, \rho_{17{,}5}.$$

Съ уменьшеніемъ ρ уменьшается по Кнудсену и коэффиціентъ пропорціональности *).

Изъ вышеупомянутыхъ таблицъ Кнудсена (стр. 514) можно получить прямо величины $S^0/_{00}$, соотвѣтствующія различнымъ значеніямъ $\rho_{17,5}$ отъ 1,44 (т. е. 1,00144) до 31,76 (т. е.

*) Изъ таблицы Кнудсена получаемъ:

при $\rho_{17,5}$ . . . . =	16	14	12	10	8	6	4	2
коэфф. пропор. =	1,308	1,307	1,306	1,304	1,302	1,298	1,292	1,280

1,03176). Собственно эти таблицы вычислены не по удѣльному вѣсу, а по хлору, но ими можно воспользоваться и для вывода солености по удѣльному вѣсу. Для морей Чернаго, Азовскаго и Каспійскаго таблицы Кнудсена не примѣнимы, такъ какъ въ этихъ моряхъ коэффиціентъ пропорціональности по даннымъ Лебединцева значительно отличается отъ вышеприведенныхъ; въ Черномъ морѣ онъ равенъ 1,314, въ Азовскомъ 1,261 и въ Каспійскомъ 1,205 (для $\rho_{17,5}$). Для этихъ морей должны быть составлены особыя таблицы, подобныя Кнудсеновскимъ.

Соотношеніе между соленостью и количествомъ хлора, называемое обыкновенно хлорнымъ коэффиціентомъ $\left(\frac{S}{\mathrm{Cl}} = \chi\right)$, впервые было опредѣлено Форхгаммеромъ изъ анализовъ воды Атлантическаго океана и найдено имъ почти постояннымъ для различныхъ мѣстъ океана; въ среднемъ Форхгаммеръ даетъ хлорный коэффиціентъ $\chi = 1{,}807$. По Диттмару $\chi = 1{,}8058$ *), а по Торноэ $\chi = 1.809$. Въ среднемъ получается $\chi = 1{,}807$ съ точностью $\pm 0{,}002$. Для внутреннихъ морей χ можетъ значительно отличаться отъ вышеприведенныхъ значеній; напр. въ Балтійскомъ морѣ $\chi = 1{,}84$, а въ нѣкоторыхъ заливахъ $\chi = 2{,}23$, въ Черномъ морѣ по Лебединцову $\chi = 1{,}656$, въ Азовскомъ $\chi = 1{,}844$, въ Каспійскомъ $\chi = 2{,}39$. Таблицы Кнудсена даютъ для океанской воды прямо величины $S‰$, соотвѣтствующія разнымъ величинамъ хлора въ граммахъ на 1000 грам. морской воды. Въ этой же таблицѣ даются и соотвѣтственныя хлору величины $\rho_{17,5}$ и $\sigma_0 = (s_0 - 1)\,1000$, гдѣ s_0 — удѣльный вѣсъ морской воды при 0° по отношенію къ дистиллированной водѣ при 4°, т. е. $s_{4°}^{0°}$ **).

---

*) См. таблицу составныхъ частей океанской воды по Диттмару стр. 507, гдѣ прямо видно отношеніе всѣхъ солей къ хлору.

**) Основаніемъ для составленія таблицъ Кнудсена послужили нижеслѣдующія эмпирическія формулы, которыхъ постоянныя вычислены Кнудсеномъ (при содѣйствіи Форша, Якобсена и другихъ лицъ, прини-

Такимъ образомъ, достаточно опредѣлить титрованіемъ количество хлора въ данномъ образцѣ океанской воды, чтобы помощью таблицъ Кнудсена найти соленость образца и его удѣльный вѣсъ при $\frac{17,5}{17,5}$ и $\frac{0°}{4°}$ Ц.

Что касается точности опредѣленій на суднѣ солености, то по Петтерсону титрованіемъ точность можетъ быть легко достигнута до $\pm 0,05‰$, тогда какъ по удѣльному вѣсу точность всего $\pm 0,1‰$, слѣдовательно, химическій способъ опредѣленія солености вдвое точнѣе ареометрическаго. Однако, профес. Крюммель, разбирая нѣкоторыя новѣйшія ареометрическія наблюденія, приходитъ къ убѣжденію [94]), что для судовыхъ наблюденій ареометръ остается все еще незамѣнимымъ приборомъ и что улучшеніе въ техникѣ его выдѣлки и въ методахъ наблюденій можетъ сдѣлать ареометрическій способъ не менѣе точнымъ способа титрованія. Нѣкоторыя наблюденія Крюммеля по спеціально изготовленному ареометру изъ іенскаго стекла показали, что даже на суднѣ точность ареометрическихъ опредѣленій можетъ быть доведена до $\pm 0,00005$ ($\pm 0,07‰$). Для точности ареометрическихъ измѣреній особенно важно устранять вліяніе капиллярности и стараться, чтобы температура образца во время опыта не измѣнялась.

Опредѣленіе плотности на поверхности моря и на глубинахъ. Плотностью воды называютъ удѣльный вѣсъ, приведенный къ наблюдаемой температурѣ моря и отнесенный къ дистиллированной водѣ при 4° Ц., т. е. $s\frac{t}{4}$, гдѣ t темпе-

---

мавшихъ участіе въ опытахъ) изъ вышеупомянутыхъ его опытовъ по способу наименьшихъ квадратовъ (Cl = колич. хлора).

$$S = 0,030 + 1,8050\ Cl$$

$$\sigma_0 = -0,069 + 1,4708\ Cl - 0,001570\ Cl^2 + 0,0000398\ Cl^3$$

$$\rho_{17,5} = (0,1245 + \sigma_0 - 0,0595\ \sigma_0 + 0,000155\ \sigma_0^2) \times 1,00129$$

Такимъ образомъ какъ соленость, такъ и удѣльный вѣсъ вычислены по хлору. Въ таблицѣ величины хлора даны черезъ каждые 0,01 гр. отъ 1 до 23 граммовъ и соотвѣтственно солености отъ $1,84‰$ до $41,55‰$ и удѣльные вѣса отъ 1,00144 до 1,03176.

ратура моря, наблюдаемая въ данный моментъ въ томъ же слоѣ, изъ котораго полученъ образецъ воды.

Такъ какъ равновѣсіе водъ и ихъ движеніе обусловливается отчасти разностью плотностей въ различныхъ слояхъ, то, очевидно, опредѣленіе плотности составляетъ одну изъ важныхъ задачъ въ океанографіи.

Приведеніе удѣльнаго вѣса къ $\frac{t^0}{4^\circ}$ можно дѣлать по вышеуказаннымъ формуламъ для перехода отъ $s\frac{t}{t'}$ къ $s\frac{t_1}{t_1'}$ или же по таблицамъ Кнудсена, гдѣ для этого имѣются особыя таблички для вычисленія плотности по величинѣ σ_0 и t^0 *).

При вычисленіи плотности на какой-либо глубинѣ h саж. надо принять во вниманіе давленіе на этой глубинѣ и сжимаемость морской воды. Даемъ здѣсь эти вычисленія по Мону[35]).

Пусть s_0 означаетъ плотность при нормальномъ давленіи атмосферы $\left(\text{т. е. } s_0 = s\frac{t}{4^\circ}\right)$, p — давленіе въ атмосферахъ на глубинѣ h саж., η — коэффиціентъ сжимаемости морской воды **),

---

*) σ_0 вычислены въ таблицѣ, какъ выше указано, по хлору, для вычисленія же плотности воды s_t служили слѣд. формулы:

$$s_t = 1 + \frac{\sigma_t}{1000};\ \sigma_t = \Sigma_t + (\sigma_0 + 0{,}1324)\,[1 - A_t + B_t\,(\sigma_0 - 0{,}1324)]$$

$\Sigma_t = (s'_t - 1)\,1000$, гдѣ s'_t плотность дистиллированной воды при $\frac{t}{4^\circ}$

$$\Sigma_t = -\frac{(t - 3^\circ{,}98)^2}{503{,}570} \cdot \frac{t + 283^\circ}{t + 67^\circ{,}26}$$

$$A_t = t\,(4{,}7867 - 0{,}098185\,t + 0{,}0010843\,t^2) \times 10^{-3}$$

$$B_t = t\,(18{,}030 - 0{,}8164\,t + 0{,}01667\,t^2) \times 10^{-6}.$$

Если извѣстны σ_0 и t, то поправка D для полученія σ_t вычисляется по формулѣ

$$D = -\Sigma_t - 0{,}1324 + (\sigma_0 + 0{,}1324)\,[A_t - B_t\,(\sigma_0 - 0{,}1324)].$$

**) Коэффиціентомъ сжимаемости называютъ уменьшеніе единицы объема воды при увеличеніи давленія на одну атмосферу. Для дистиллированной воды при 8° Ц. коэффиціентъ сжимаемости по опредѣленіямъ Кальете при 705 атм. = 45,1 милліонныхъ.

s_{ph} — плотность при давленіи p на глубинѣ h саженъ, то

$$s_{ph} = \frac{s_0}{1 - \eta p} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Давленіе одной сажени морской воды равно $\frac{1{,}82876694}{13{,}5959} \cdot \frac{s}{0{,}76}$ $= 0{,}1769851\, s$ атмосферъ $= a_0 s$ атмосферъ.

Здѣсь: 0,76 м. одна атмосфера, выраженная въ давленіи ртутнаго столба при 0° Ц. на уровнѣ моря въ широтѣ 45° (при силѣ тяжести, принятой за норму): 13,5959 удѣльный вѣсъ ртути при 0° Ц. по отношенію къ дистиллированной водѣ при +4° Ц.; 1,82876694 величина морской саж. въ метрахъ и s плотность морской воды на уровнѣ моря и въ широтѣ 45°. Такъ какъ величина давленія, будучи пропорціональна силѣ тяжести, измѣняется съ широтою мѣста и глубиною, то необходимо при вычисленіи s_{ph} принять во вниманіе и поправки на силу тяжести отъ широты и глубины h. Приращеніе давленія dp съ увеличеніемъ глубины на dh саж. выразится поэтому формулою

$$dp = a_0 \frac{s_0}{1 - \eta p} \frac{g_{\varphi,h}}{g_{45,0}} \cdot dh \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

гдѣ $g_{\varphi,h}$ ускореніе силы тяжести въ широтѣ φ и на глубинѣ h, а $g_{0,45}$ тоже на уровнѣ моря въ широтѣ 45°.

Извѣстно, что

$$\frac{g_\varphi}{g_{45}} = 1 - \beta \cos 2\varphi, \text{ гдѣ } \beta = 0{,}00259$$

$$\text{а } \frac{g_h}{g_0} = \left(1 + \frac{1}{R}\left(2 - 3\frac{d}{D}\right)h\right) = 1 + bh, \text{ гдѣ } b = 0{,}00000041693.$$

R — радіусъ земли, d — средняя плотность морской воды (1,027), D — плотность земли (5,6).

Слѣдовательно, формула (2) приметъ видъ

$$dp = a_0 \frac{s_0}{1 - \eta p}(1 - \beta \cos 2\varphi)\ (1 + bh)\ dh \quad \ldots \quad (3)$$

Плотность воды на различныхъ глубинахъ вообще различна, но эта разница въ океанахъ незначительная и потому

въ выраж. (3) можно принять s_0 постояннымъ и равнымъ средней величинѣ s_0 въ различныхъ слояхъ.

Интегрируя урав. (3) между предѣлами $p = o$ и $p = p$, причемъ $h = o$ и $h' = h$, получимъ въ широтѣ φ

$$p_{\varphi,h} = \frac{a_0 s_0 (1 - \beta \cos 2\varphi) \left(1 + \frac{1}{2} bh\right)}{1 - \frac{1}{2} \eta p_{\varphi,h}} h_\varphi \text{ (атмосферъ)} . \quad (4)$$

Но такъ какъ глубина поверхностей равнаго давленія (уровенныя поверхности) въ разныхъ широтахъ различная, измѣняясь обратно пропорціонально тяжести, то

$$\frac{h_\varphi}{h_{45}} = \frac{1 + \frac{1}{2} bh_{45}}{1 + \frac{1}{2} bh_\varphi} \cdot \frac{1}{1 - \beta \cos 2\varphi},$$

По малости b можно принять

$$bh_{45} = bh_\varphi$$

слѣдовательно,

$$h_\varphi = h_{45} \frac{1}{1 - \beta \cos 2\varphi} \text{ *) } \ldots\ldots\ldots (5)$$

Вставляя въ выраженіе (4) вмѣсто h_φ величину изъ выр. (5) получимъ

$$p = \frac{a_0 s_0}{1 - \frac{1}{2} \eta p} (1 - \beta \cos 2\varphi) \left(1 + \frac{1}{2} bh\right) \frac{h_{45}}{1 - \beta \cos 2\varphi}$$

Полагая глубину уровенной поверхности въ шир. 45° т. е. $h_{45} = H$, получимъ:

$$p = a_0 s_0 \frac{1 + \frac{1}{2} bH}{1 - \frac{1}{2} p\eta} H \text{ (атм.)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

---

*) Глубина уровенныхъ поверхностей въ разныхъ широтахъ:

$\varphi = 45°$	$\varphi = 60°$	$\varphi = 70°$	$\varphi = 80°$
$h =$ 100 саж.	99,87 саж.	99,80 саж.	99,76 саж.
$h =$ 500 »	499,35 »	499,01 »	498,78 »
$h =$ 1000 »	998,71 »	998,02 »	997,57 »
$h =$ 1500 »	1498,06 »	1497,03 »	1496,35 »
$h =$ 2000 »	1997,41 »	1996,03 »	1995,14 »

для широты 80° разница съ глубиною уров. поверхности въ шир. 45° достигаетъ почти 5 саж.

Величина p въ знаменателѣ послѣдняго выраженія берется приближенная изъ выраженія $p = a_0 s_0 h$ (атм.).

Величина η для дистиллированной воды зависитъ отъ температуры и давленія; при условіяхъ температуры и давленія, существующихъ въ океанѣ, Монъ нашелъ значенія для η отъ 45,7 до 45,0 милліонныхъ *), и такъ какъ малое отступленіе отъ дѣйствительной величины коэффиціента η имѣетъ мало вліянія на давленіе, то можно принять $\eta = 0{,}000046$. Вычисливъ величины p по выр. (6) для разныхъ глубинъ остается по выраженію (1) вычислить множитель $\frac{1}{1-\eta p}$ для полученія плотности на глубинѣ h саж. при давленіи p и плотности s_0 при нормальномъ давленіи атмосферы **).

---

*) Для искусственныхъ растворовъ удѣльнаго вѣса 1,026 коэффиціентъ сжимаемости

по Вертхейму при 20° Ц.	46,7 милл.
» Грасси	43,6 »
» Тэту при 12° Ц.	43,3 »

Бухананъ опредѣлялъ особымъ приборомъ (піезометромъ) сжимаемость морской воды въ Тихомъ океанѣ и получилъ при температурахъ отъ 1,4 до 4° на глубинахъ 500—2300 саж. коэффиціентъ сжимаемости 49,47 мил., а на глубинахъ 2740—3125 саж. — 48,35 милліонныхъ.

**) Пусть $s_0 = 1{,}027$, то $a_0 s_0 = 0{,}1817637$; $\frac{1}{2} b = 0{,}00000020846$; $\frac{1}{2} \eta = 0{,}000023$ и получаемъ слѣдующую табличку для множителя $\frac{1}{1-\eta p}$ въ выраженіи $s_h = s_0 \left(\frac{1}{1-\eta p}\right)$.

h саж.	$\frac{1}{1-\eta p}$	h саж.	$\frac{1}{1-\eta p}$
10	1,00008	70	1,00058
20	1,00016	80	1,00067
30	1,00025	90	1,00075
40	1,00033	100	1,00084
50	1,00042	200	1,00169
60	1,00050	1000	1,00846

Газы въ морской водѣ. Извѣстно, что всѣ газы растворимы въ водѣ и что растворимость ихъ подчиняется слѣдующимъ тремъ законамъ: 1) болѣе растворимы тѣ газы, которые легче сгущаются въ жидкость, т. е. менѣе совершенные газы; 2) растворимость уменьшается съ увеличеніемъ температуры и 3) степень растворимости измѣняется пропорціонально давленію, причемъ чѣмъ болѣе совершенны газы, тѣмъ болѣе они слѣдуютъ закону пропорціональности. Такимъ образомъ, напр. въ единицѣ объема дистиллированной воды при нормальномъ атмосферномъ давленіи (760 мм.) растворяется при 0° Ц.

кислорода	0,041	объема
азота	0,0203	„
углекислоты	1,8	„

Если же мы возьмемъ напр., кислородъ при разныхъ температурахъ, то получимъ растворимость его въ 1 куб. сант. воды при $\frac{0°}{0{,}041}$, $\frac{10°}{0{,}032}$, $\frac{20°\text{ Ц.}}{0{,}028}$.

Подобное же вліяніе имѣетъ температура и на растворимость смѣси газовъ; такъ, въ 1 куб. сант. дистиллированой воды растворяется по Бунзену

при 0° Ц.	— 0,0247	к. с. воздуха
„ 13° „	— 0,0185	„ „ „
„ 20° „	— 0,0170	„ „ „

Что же касается вліянія давленія на растворимость смѣшанныхъ газовъ, то эта растворимость зависитъ не отъ общаго давленія смѣси, но только отъ парціальнаго, т. е. отъ давленія каждаго даннаго газа, сообразно объемному его содержанію въ смѣси. На основаніи этого положенія можно опредѣлить, каково должно быть отношеніе составныхъ частей атмосфернаго воздуха, растворенаго въ водѣ, находящейся подъ вліяніемъ атмосферы при температурѣ 0° Ц. и нормальномъ давленіи 760 мм. При-

нимая объемный составъ сухого воздуха въ атмосферѣ изъ 21% кислорода, 78,97% азота и 0,03% углекислоты, мы получимъ парціальное давленіе кислорода $\frac{21}{100} \times 760 = 159{,}6$ мм., а такъ какъ растворимость его при 0° Ц. и 760 мм. 0,041, то количество его въ 1 куб. сант. воды будетъ $0{,}041 \times \frac{159{,}6}{760} = 0{,}0086$ куб. сант. Подобнымъ образомъ найдемъ количество азота, соотвѣтственно его парціальному давленію $\frac{78{,}97}{100} \cdot 760 = 600{,}2$ мм., равное $0{,}0203 \times \frac{600{,}2}{760} = 0{,}0160$ куб. сант. и количество углекислоты $1{,}8 \frac{0{,}3}{760} = 0{,}00055$ куб. сант., т. е. всего въ одномъ куб. сант. дистиллированной воды растворится при указанныхъ условіяхъ 0,0252 куб. сант. воздуха, въ которомъ будетъ около 34% кислорода, 63% азота и 3% углекислоты.

Поверхность океановъ и морей, соприкасаясь съ атмосферою, растворяетъ также составные части послѣдней, и такъ какъ атмосфера является единственнымъ источникомъ для кислорода и азота *) въ морѣ, то и содержаніе ихъ въ водѣ поверхности моря должно соотвѣтствовать парціальному ихъ давленію, коэффиціенту растворимости и температурѣ.

Анализы образцовъ морской воды обнаруживаютъ меньшую ея способность къ растворенію газовъ, чѣмъ дистиллированной воды, но разница эта незначительная, такъ что извлекаемое поверхностью моря изъ атмосферы количество кислорода и азота, соотвѣтственно коэффиціенту растворимости и температуры, должно быть теоретически близко къ тому, которое получается для дистиллированной воды **). Въ дѣйствительности же, въ природѣ, замѣчаются большія колебанія и причины этого слѣдуетъ искать въ постоянномъ движеніи воды и окислительныхъ

*) Азотъ въ морѣ можетъ еще получаться отъ разрушенія органическихъ веществъ, но это количество крайне ничтожно въ сравненіи съ количествомъ, доставляемымъ атмосферою.

**) Диттмаръ вычислилъ по анализамъ образцовъ Challenger'a слѣ-

процессахъ, препятствующихъ установленію извѣстнаго состоянія равновѣсія. При движеніи воды процессъ поглощенія воздуха идетъ медленно, не успѣвая слѣдовать за ходомъ температуры, и дѣйствительное количество азота можетъ оказаться больше или меньше теоретическаго при наблюдаемой температурѣ; при томъ же это количество измѣняется еще путемъ диффузіи изъ нижнихъ слоевъ и случайными подмѣсями. Еще большія колебанія могутъ быть въ количествѣ кислорода, постоянно расходуемаго на окисленіе живыхъ и мертвыхъ организмовъ. Въ общемъ, однако, можно принять, что всѣ возмущающія причины на самомъ дѣлѣ видоизмѣняютъ ходъ явленія только въ каждомъ частномъ случаѣ, но что въ среднемъ этотъ ходъ обусловливается законами растворимости газовъ.

Для поверхности океановъ измѣренія объема газовъ, приведенныхъ къ 0° и къ давленію 760 мм. даютъ, въ среднемъ, на 100 частей поглощеннаго воздуха 33,9 кислорода и 66,1 азота. По наблюденіямъ же Буханана на Challenger'ѣ, въ водѣ на поверхности содержится отъ 30—35% кислорода, а Торноэ для С. Европейскаго моря даетъ максимумъ 36,7% и минимумъ 31,1%. Вообще количество поглощаемаго кислорода больше въ холодныхъ моряхъ, чѣмъ въ теплыхъ *). На глубины также проникаетъ воздухъ, причемъ на всякой данной глубинѣ содержится столько же воздуха, сколько вода той же температуры растворила бы его въ томъ случаѣ, если бы она была на поверхности. Собственно на глубинахъ бываетъ нѣсколько меньше воздуха, чѣмъ бы слѣдовало при данной

дующую табличку объемовъ кислорода и азота, насыщающихъ литръ морской воды при разныхъ температурахъ и давленіи атмосферы 760 мм.

Темпер. Ц.	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Кислородъ куб. сант.	8,18	7,22	6,45	5.83	5,31	4,87	4,50
Азотъ » »	15,60	13,86	12,47	11,34	10,41	9,62	8,94
Воздухъ » »	23,78	21,08	18,92	17,17	15,72	14,49	13,44

*) Соотношеніе между температурою воды и процентнымъ содержаніемъ кислорода по Диттмару слѣдующее:

темпер. Ц.	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
% кислор.	34,40	34,24	34,09	33,93	33,78	33,62	33,47

температурѣ, такъ какъ часть кислорода расходуется морскими животными и идетъ на окисленіе гніющихъ веществъ. Остается только неизмѣннымъ количество азота, и по этому количеству мы уже заключаемъ о количествѣ воздуха, которое проникло въ данную глубину. Уменьшеніе кислорода съ глубиною не пропорціонально глубинѣ и не вездѣ одинаково и, какъ показываютъ анализы, зависитъ отъ мѣстныхъ условій. Якобсенъ находилъ не меньше 28,2% кислорода на глубинахъ; по Буханану количество кислорода уменьшается до глубины 300 с. до 11%, затѣмъ дальше, на 400 с. глубины, увеличивается опять до 16% и наконецъ на глубинѣ 800 с. количество кислорода увеличивается до 23—24% Но колебанія вообще неправильны; на глубинахъ 2—4 тыс. саж. у дна мѣстами находили кислородъ въ количествѣ около 30% и даже болѣе, а мѣстами менѣе 16%.

Такимъ образомъ, наибольшее поглощеніе кислорода происходитъ на глубинѣ 300 с. и этимъ объясняется, по мнѣнію Буханана, роскошное развитіе на этой глубинѣ органической жизни въ тропическихъ моряхъ. Незначительное сравнительно умепьшеніе кислорода съ глубиною, несмотря на постоянный его расходъ для поддержанія жизни животныхъ, указываетъ на то, что этотъ расходъ постоянно пополняется новымъ запасомъ кислорода, и такъ какъ это пополненіе можетъ имѣть мѣсто только на поверхности, то мы и приходимъ къ заключенію, что въ моряхъ существуетъ постоянный обмѣнъ водъ на поверхности и на глубинѣ. Если бы такого обмѣна не существовало, то на глубинахъ скоро бы весь кислородъ исчезъ, и жизнь животная сдѣлалась бы тамъ невозможною.

Вмѣстѣ съ кислородомъ и азотомъ поверхность моря поглощаетъ изъ атмосферы и углекислоту по тѣмъ же законамъ растворимости, которые изложены выше, и благодаря обмѣну водъ, углекислота проникаетъ и въ глубины. Однако, углекислота не остается въ морской водѣ вся въ свободномъ состояніи (какъ это полагали химики до анализовъ Якобсена, Торноэ,

Буханана и Диттмара), но вступаетъ большею частью въ связь съ карбонатами для образованія бикарбонатовъ. По анализамъ образцовъ Challenger'a свободная углекислота въ морской водѣ является исключеніемъ, излишекъ же углекислоты надъ количествомъ нужнымъ для насыщенія основаній до состоянія карбонатовъ въ большинствѣ случаевъ меньше и лишь иногда равенъ тому количеству, которое требуется для образованія бикарбонатовъ.

Углекислота доставляется морю не только изъ атмосферы, но и вулканизмомъ на днѣ моря и жизнедѣятельностью морскихъ организмовъ. Животныя, извлекая изъ воды кислородъ, выдыхаютъ углекислоту; на тѣхъ глубинахъ, гдѣ имѣется растительность, послѣдняя расходуетъ подъ вліяніемъ дневнаго свѣта углекислоту и выдѣляетъ кислородъ. Подобными процессами поддерживается извѣстное равновѣсіе въ расходѣ обоихъ газовъ. Изъ наблюденій экспедиціи „Ingolf“ въ Исландскихъ водахъ Кнудсенъ[96]) нашелъ, что вездѣ, гдѣ растительный планктонъ былъ обильный и преобладалъ надъ животнымъ, оказывался избытокъ кислорода, и наоборотъ, при преобладіи животнаго планктона— дефицитъ въ кислородѣ, причемъ соотвѣтственно колебанію въ количествѣ кислорода обнаруживалось и колебаніе въ углекислотѣ. На поверхности океана, благодаря разнообразію температурныхъ и иныхъ условій, колебанія въ количествѣ углекислоты могутъ быть значительны. При температурѣ не менѣе 20° Ц. Диттмаръ нашелъ для поверхности Атлантическаго океана среднее количество углекислоты 41 мг. на литръ, а для Тихаго океана 36,1. Количество углекислоты увеличивается съ уменьшеніемъ температуры и потому въ холодныхъ моряхъ должно быть больше углекислоты, чѣмъ въ теплыхъ На значительныхъ глубинахъ, куда дневной свѣтъ уже не въ состояніи проникнуть и растенія отсутствуютъ, углекислота, выдѣляемая животными, поступаетъ въ воду и, слѣдовательно, количество углекислоты съ глубиною должно бы увеличиваться. Наблюденія, однако, пока не обнаружили накопленія углекислоты на

большихъ глубинахъ, и количество ея всегда соотвѣтствуетъ температурѣ; это обстоятельство слѣдуетъ приписать вентилированію океанскихъ глубинъ *). Во внутреннихъ моряхъ, при извѣстныхъ условіяхъ, глубинныя воды могутъ оказаться въ застоѣ, и тогда количество углекислоты будетъ больше, чѣмъ возможно при данной температурѣ. Въ мѣстностяхъ подводныхъ вулканическихъ изверженій доставляемая послѣдними углекислота можетъ, по мнѣнію Диттмара, подъ вліяніемъ огромнаго давленія переходить въ жидкое состояніе и распространяться въ видѣ теченій и потому возможно допустить существованіе мѣстами на глубинахъ слоя свободной углекислоты при полномъ насыщеніи карбонатовъ и бикарбонатовъ, какъ на это и указываютъ нѣкоторые анализы Диттмара.

Изъ вышеизложеннаго между прочимъ слѣдуетъ, что дѣйствительное количество газовъ въ морскихъ водахъ и ихъ распредѣленіе обусловлено въ извѣстной степени распредѣленіемъ органическаго вещества.

Присутствіе въ морской водѣ органическихъ веществъ обусловливается богатою животною жизнью въ моряхъ, какъ на поверхности, такъ и на разныхъ глубинахъ. Морскія животныя выдѣляютъ изъ себя различные органическіе продукты, которые, также какъ и умершія животныя, подвергаются гніенію и тѣмъ дѣлаютъ воду непріятною на вкусъ и по запаху. Такъ какъ эти вещества имѣютъ сравнительно малый удѣльный вѣсъ, то они преимущественно скопляются на поверхности. Высокая температура, обусловливая богатство флоры и фауны, въ тоже время благопріятствуетъ и гніенію. Поэтому теплыя моря и обладаютъ большимъ количествомъ гніющихъ продуктовъ, чѣмъ моря холодныя. Особенно гніеніе усиливается въ спокойной водѣ; при волненіи разные слои воды перемѣшиваются, ими доставляется большое количество воздуха, благодаря которому

*) По Якобсену содержаніе связанной углекислоты въ океанѣ довольно постоянно и составляетъ около 53 мил. гр. на литръ, Бухананъ даетъ для с. Атлантическаго океана круглымъ числомъ 55 мг.

органическіе остатки перерабатываются и такимъ образомъ гніеніе уменьшается. Затѣмъ и сами животныя для поддержанія жизни истребляютъ часть органическихъ продуктовъ и такимъ образомъ препятствуютъ обильному накопленію ихъ въ моряхъ.

Въ исключительныхъ условіяхъ находятся глубины Чернаго моря, вовсе лишенныя жизни, благодаря зараженію ихъ сѣроводородомъ. Черноморская котловина, послѣ Средиземнаго моря, представляетъ одну изъ наибольшихъ средиматериковыхъ европейскихъ впадинъ и образованіе ея связано съ цѣлымъ рядомъ тектоническихъ процессовъ, ареною которыхъ была когда то вся Средиземноморская область и вся южная Россія до Азовскаго моря.

Къ концу одного изъ геологическихъ періодовъ, называемому верхне-міоценовою *) эпохою, низменность Дуная, вся южная Россія до Каспійскаго и Аральскаго морей, область южнаго Понта и Каспія, а также Дарданеллы и Эгейское море составляютъ одно самостоятельное внутреннее море, называемое Сарматскимъ моремъ. Затѣмъ, вслѣдствіе тектоническихъ процессовъ на Кавказѣ и Туркмено-Хорасанскихъ горахъ, Сарматское море распадается на отдѣльные бассейны, называемые меотическими. Въ началѣ слѣдующей геологической эпохи, древне-пліоценовой, меотическіе бассейны расширяются и замѣняются солоноватоводными бассейнами, въ которыхъ уже вполнѣ развиваются представители Каспійской фауны. Каспійское и Черное моря представляютъ замкнутые бассейны, и на мѣстѣ нынѣшняго Эгейскаго моря — суша съ прѣсноводными озерами. Въ слѣдующую, ново-пліоценовую эпоху, совпадающую отчасти съ ледниковою, Каспійское и Черное моря соединяются черезъ Азовское море и Манычъ и происходитъ опусканіе и образованіе Эгейскаго моря. Наконецъ, въ постъ-пліоценовую эпоху

*) Третичный періодъ подраздѣляютъ на эпохи: эоценовую (нижняя, средняя и верхняя), міоценовую (нижняя и верхняя) и пліоценовую (древняя и новая).

(послѣ третичный періодъ), ближайшую къ современной, южная часть Каспія опускается, уровень его понижается и прекращается его соединеніе сначала съ Азовскимъ, а затѣмъ и съ Аральскимъ моремъ, а съ другой стороны образуется Босфоръ, и Черное море вступаетъ въ соединеніе съ Эгейскимъ моремъ. Послѣднія событія этого геологическаго времени совершаются уже почти на глазахъ человѣка, какъ это доказывается между прочимъ нахожденіемъ нѣкоторыхъ орудій среди раковинныхъ террасъ у Галлиполи.

Въ этихъ послѣднихъ событіяхъ геологи усматриваютъ и причину одного изъ замѣчательныхъ явленій въ Черноморской котловинѣ — явленія, составляющаго пока исключительную особенность этой котловины, именно, присутствіе сѣроводорода, которымъ заражена вода Чернаго моря, начиная съ глубинъ около 100 саж. и до дна. Въ экспедицію 1891 года химики опредѣляли количество сѣроводорода на каждой глубоководной станціи. Оказалось, что граница сѣроводорода идетъ зигзагомъ, но что въ среднемъ линія 100 саж. глубины совпадаетъ съ этою границею. Глубже и до дна количество сѣроводорода увеличивается. Наибольшее количество его найдено у дна почти на срединѣ восточнаго бассейна моря — 0,0098 гр. на литръ воды, а на той же станціи на глубинѣ 100 саж. — 0,0005 гр. Если вычислить, сколько сѣроводорода приходится на всю массу воды въ котловинѣ, то получаются билліоны тоннъ. Откуда взялся столь огромный запасъ сѣроводорода и чѣмъ онъ поддерживается?

Геологъ Андрусовъ первый высказалъ предположеніе, что вымираніе различныхъ организмовъ и разложеніе на днѣ ихъ остатковъ, при недостаткѣ циркуляціи воздуха на глубинахъ, можетъ быть причиною образованія сѣроводорода и его накопленія, но, во-первыхъ, до дна доходитъ вѣроятно только малая доля органическихъ веществъ, значительная же ихъ часть должна, по пути, идти въ пищу живущимъ организмамъ, а во-вторыхъ, подобное разложеніе органическихъ веществъ должно

имѣть мѣсто и въ другихъ моряхъ и въ океанѣ, между тѣмъ въ открытыхъ частяхъ океановъ и въ другихъ моряхъ земного шара сѣроводородъ пока еще нигдѣ не обнаруженъ; его нѣтъ даже въ ближайшемъ къ Черному Мраморномъ морѣ.

Въ литературѣ имѣются лишь указанія на присутствіе сѣроводорода въ прибрежныхъ водахъ, особенно въ тепломъ климатѣ и вблизи рѣкъ.

Андрусовъ, со словъ Гмелина и Мёррея, приводитъ, что у западныхъ береговъ Африки, гдѣ вода рѣкъ, вынося массу органическихъ веществъ, смѣшивается съ морскою водою, содержащею соли сѣрной кислоты, происходитъ выдѣленіе сѣроводорода, замѣчаемое даже на разстояніи 27 миль отъ берега, при чемъ вода иногда содержитъ сѣроводородъ въ количествѣ до 6 куб. дюйм. на галлонъ.

Химикъ Лебединцевъ объясняетъ происхожденіе сѣроводорода въ Черномъ морѣ возстановленіемъ сѣрнокислыхъ солей органическими веществами до сѣрнистыхъ соединеній и разложеніемъ послѣднихъ водою въ сильно разбавленныхъ растворахъ, при чемъ онъ допускаетъ возможность дѣятельности бактерій. Это объясненіе отличается отъ объясненія, даннаго впервые геологомъ Андрусовымъ, тѣмъ, что оно не допускаетъ прямого выдѣленія сѣроводорода, какъ результата гніенія.

По мнѣнію же Андрусова, гніеніе органическихъ веществъ въ присутствіи сѣрнокислыхъ солей морской воды должно давать вездѣ, даже и въ открытомъ океанѣ, сѣроводородъ, но, благодаря оживленной циркуляціи водъ въ океанахъ, доставляющей на глубины постоянно свѣжій запасъ кислорода, происходитъ немедленное разрушеніе образующагося сѣроводорода. Съ другой стороны, эта же циркуляція, по мнѣнію г. Андрусова, дѣлая возможною обильную жизнь на глубинахъ океановъ, не допускаетъ накопленія въ большомъ количествѣ органическихъ веществъ, способныхъ къ разложенію, а потому и количество образующагося каждый разъ сѣроводорода не можетъ быть велико.

Въ Черномъ морѣ мы встрѣчаемъ, говоритъ г. Андрусовъ, совсѣмъ иныя условія; значительное увеличеніе солености воды съ глубиною, начиная съ глубины около 40 саж., придаетъ необыкновенную устойчивость глубокимъ слоямъ Черноморской котловины и этимъ ослабляетъ вертикальную циркуляцію, а съ тѣмъ вмѣстѣ и обмѣнъ газовъ. Поэтому, разъ почему-либо образовался большой запасъ сѣроводорода, то этотъ запасъ не только скоро не изсякнетъ, но легко можетъ поддерживаться гніеніемъ новыхъ органическихъ веществъ, доставляемыхъ какъ съ берега—волнами и теченіями, такъ и съ верхняго, живого слоя. Это тѣмъ болѣе вѣроятно, что количество органическихъ веществъ, падающихъ на дно, должно быть въ котловинѣ зараженной сѣроводородомъ больше, чѣмъ при отсутствіи этого газа, такъ какъ въ такой котловинѣ жизнь становится невозможною, и та часть веществъ, которая при иныхъ условіяхъ шла бы на питаніе живущихъ организмовъ, въ данномъ случаѣ безпрепятственно достигаетъ дна или же разлагается на пути.

Соображенія г. Андрусова подтверждаются нѣкоторыми данными экспедиціи 1891 года. Дѣйствительно, химики экспедиціи нашли, что общее количество газовъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и количество кислорода, въ Черноморской котловинѣ съ глубиною уменьшается, тогда какъ количество органическихъ веществъ въ то же время на глубинахъ больше нормальнаго. Относительно образованія первоначальнаго запаса сѣроводорода въ Черномъ морѣ г. Андрусовъ говоритъ, что онъ образовался отъ вымиранія и гніенія полупрѣсноводной Каспійской фауны, благодаря осолоненію глубинъ Чернаго моря вслѣдствіе прорыва Средиземно-морскихъ водъ черезъ Босфоръ. Подтвержденіе своей гипотезы геологъ Андрусовъ видитъ въ томъ, что драгировки Черноморскихъ экспедицій приносили съ глубинъ 100—400 саж. каждый разъ остатки фауны Каспійскаго типа, чуждой нынѣ Черному морю.

Сопоставляя Черное море съ Мраморнымъ, которое по физическимъ свойствамъ глубинъ сродственно нынѣ болѣе со Сре-

диземнымъ моремъ, чѣмъ съ Чернымъ, Андрусовъ находитъ, что современное сродство Мраморнаго моря со Средиземнымъ едва ли имѣло мѣсто въ прежнія геологическія эпохи. На основаніи драгировокъ, произведенныхъ русскою экспедиціею въ 1894 году и доставлявшихъ рядомъ съ живымъ матеріаломъ и тѣхъ ископаемыхъ Каспійскаго типа, которыхъ находили на днѣ Чернаго моря, г. Андрусовъ полагаетъ, что, въ эпоху существованія Эгейской суши, бассейнъ Мраморнаго моря уже существовалъ и находился въ соединеніи съ Чернымъ моремъ. Кромѣ остатковъ тѣхъ же солоноватоводныхъ моллюсковъ, какіе были открыты и въ илу котловины Чернаго моря, это заключеніе подтверждается нахожденіемъ у Галлиполи пластовъ съ остатками такой же солоноватоводной фауны, какая встрѣчается на нѣкоторыхъ пунктахъ Черноморскаго побережья (напр. у мыса Чауда). Уже послѣ опусканія Эгейской суши, воды Средиземнаго моря вступили черезъ Дарданеллы въ бассейнъ Мраморнаго моря и, уничтоживъ въ немъ солоноватоводную фауну, превратили его въ вполнѣ морской бассейнъ. Только черезъ посредство Мраморнаго моря и Босфора началось затѣмъ осолоненіе Чернаго моря. Такимъ образомъ, геологическая исторія Мраморнаго моря одинакова съ исторіей Чернаго моря, тогда какъ въ современномъ состояніи эти два сосѣднія моря обнаруживаютъ громадную разницу — котловина Чернаго моря заражена сѣроводородомъ и лишена поэтому совершенно жизни, за исключеніемъ быть можетъ особыхъ сѣроводородныхъ бактерій; въ котловинѣ же Мраморнаго моря кишитъ сравнительно богатая жизнь.

Для объясненія такой разницы надо допустить, что съ момента образованія Дарданельскаго пролива Мраморное море, сдѣлавшись, такъ сказать, проточнымъ каналомъ для стока водъ — съ одной стороны Чернаго, а съ другой Средиземнаго моря, обнаружило усиленную вертикальную циркуляцію водъ и стало получать изъ Средиземнаго моря нижнимъ теченіемъ столь обильный запасъ кислорода, что его болѣе чѣмъ доста-

точно было на окисленіе того количества сѣроводорода, который образовывался отъ вымиранія существовавшей тогда солоноватоводной фауны. Съ тѣмъ же нижнимъ теченіемъ изъ Средиземнаго моря стали постепенно приходить въ Мраморное море нѣкоторыя глубинныя формы животныхъ. Принимая, что котловина Мраморнаго моря образовалась и образуется медленно, постепеннымъ изъ вѣка въ вѣкъ опусканіемъ, организмы верхнихъ слоевъ, или ярусовъ моря, приспособляясь мало по малу къ условіямъ жизни на все большихъ и большихъ глубинахъ, заселили эти глубины и, питаясь на счетъ существующаго органическаго матеріала, не даютъ возможности въ дальнѣйшемъ накопляться послѣднему и этимъ еще болѣе исключаютъ гніеніе и зараженіе водъ сѣроводородомъ.

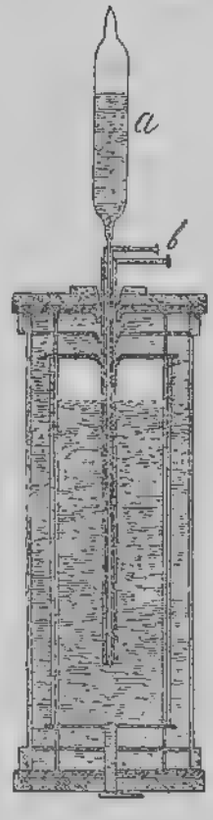
Другое дѣло въ Черномъ морѣ. Осолоненіе водъ его началось позже осолоненія глубинъ Мраморнаго моря, его котловина гораздо больше и однообразнѣе котловины Мраморнаго моря и средняя ширина Босфора меньше въ $2^1/_2$ раза ширины Дарданельскаго пролива, а потому количество кислорода, доставлявшееся нижнимъ Босфорскимъ потокомъ изъ Мраморнаго моря, а не непосредственно изъ Средиземнаго, приходилось на единицу объема, конечно, меньше того, которое получало Мраморное море. Если принять еще во вниманіе малую вертикальную циркуляцію, благодаря замкнутости Черноморской котловины и значительному опрѣсненію рѣками ея поверхности, то вполнѣ станетъ яснымъ, что сѣроводородъ, образовавшійся отъ вымиранія солоноватоводной фауны въ котловинѣ Чернаго моря въ ту геологическую эпоху, о которой идетъ рѣчь, не могъ вполнѣ окислиться и сталъ заражать воду глубинъ и не допускать ихъ заселенія.

По Мёррею и Ирвингу, первоначальное происхожденіе сѣроводорода можно объяснить возстановленіемъ сѣрнокислыхъ солей, но не разложеніемъ мертвыхъ организмовъ. Этимъ путемъ вблизи береговъ образуется обыкновенный синій илъ съ большимъ содержаніемъ сѣрнокислаго желѣза, но въ большихъ

глубинахъ кислородъ уже израсходованъ и нѣтъ достаточно желѣза для образованія сѣрнистаго желѣза, а потому сѣроводородъ остается свободнымъ въ растворѣ. Въ то же время должно быть большое количество несвязанной углекислоты въ водѣ, какъ результатъ возстановленія сѣрнокислыхъ солей морской воды черезъ органическія субстанціи. Въ Черномъ морѣ дѣйствительно найдены богатыя иловыя отложенія изъ углекислой извести.

Собираніе образцовъ морской воды для анализа. Выше уже упомянуто (стр. 510 подстр. примѣч.), что полезно при каждомъ удобномъ случаѣ собирать образцы воды для лабораторныхъ изслѣдованій солености. Эти изслѣдованія позволяютъ достигнуть большей точности, чѣмъ при судовой обстановкѣ. Для собиранія образцовъ воды на случай опредѣленія солености требуется имѣть только запасъ склянокъ извѣстной емкости съ притертыми пробками и батометръ подобный описанному на стр. 439—442. Замѣтимъ, что при выборѣ батометра для этой цѣли, равно какъ и для судовыхъ наблюденій, слѣдуетъ, конечно, предпочесть такой, устройство котораго лучше всего обезпечиваетъ герметичность запора на всякой данной глубинѣ. Въ этомъ отношеніи наиболѣе цѣлесообразны батометры, запирающіеся на данной глубинѣ, по желанію наблюдателя, спускомъ по линю груза, какъ это устроено у вышеописанныхъ батометровъ Мейра и Петтерссона-Книповича. Другіе, употреблявшіяся часто при научныхъ изслѣдованіяхъ батометры устроены самозапирающимися большею частью посредствомъ вращенія винтовыхъ крыльевъ, но при такомъ устройствѣ батометръ запирается уже на ходу, при его выбираніи, и, потому, вслѣдствіе возможной измѣнчивости въ треніи вращательнаго механизма и различнаго способа подъема батометра, глубина запиранія батометра можетъ быть различная, между тѣмъ какъ наблюдатель разчитываетъ ее всегда по маркамъ вытравленнаго линя. Особенно большія погрѣшности съ подобными приборами могутъ получиться при сильной качкѣ и большомъ дрейфѣ судна; хотя

при такихъ неблагопріятныхъ условіяхъ и батометры запирающіеся грузомъ не лишены недостатковъ, но эти недостатки являются лишь при зондировкахъ значительныхъ глубинъ, напримѣръ, около 2 т. саженей и болѣе. Вообще слѣдуетъ признать, что для добыванія образцовъ воды съ океанскихъ глубинъ при качкѣ и дрейфѣ судна всѣ существующіе теперь батометры не удовлетворяютъ требованіямъ точныхъ наблюденій, но при благопріятныхъ условіяхъ зондировокъ батометры, запирающіеся спускомъ груза, все же лучше остальныхъ.



Чер. 241 a. Баллонъ для собиранія пробъ воды.

Изъ описанныхъ выше подобныхъ батометровъ можно особенно рекомендовать батометръ Петтерссона-Книповича, такъ какъ помощью его, независимо отъ полученія пробъ воды для анализа солености, представляется возможнымъ опредѣлить и температуру глубинъ точнѣе, чѣмъ это можно сдѣлать термометромъ Негретти-Замбра. Но кромѣ того, этотъ батометръ удовлетворяетъ лучше другихъ и условіямъ собиранія образцовъ для анализа газовъ, растворенныхъ въ водѣ глубинъ. Производство самого анализа на суднѣ требуетъ устройства химической лабораторіи и извѣстнаго навыка въ химическихъ работахъ, и потому лучше, если такой анализъ дѣлается химикомъ, но собираніе образцовъ для анализа газовъ можетъ быть производимо всякимъ знакомымъ съ техникою гидрологическихъ глубоководныхъ наблюденій.

Для собиранія пробъ воды для анализа газовъ достаточно имѣть запасъ особыхъ баллоновъ (чер. 241) *a*, съ длинною вытянутою трубочкою на одномъ концѣ и съ короткою на другомъ, причемъ оба конца запаяны, и весь баллонъ эвакуированъ и можетъ быть даже стерилизованъ; стерилизація

дѣлается для того, чтобы по наполненіи баллона данным образцомъ воды, газы, растворенные въ послѣдней, не измѣнялись подъ вліяніемъ жизнедѣятельности организмовъ. Затѣмъ наблюдатель долженъ быть снабженъ особою металлическою трубкою, состоящею изъ двухъ, вращающихся одна около другой, трубокъ съ рукоятками *b*; въ трубкахъ около нижняго конца имѣются перегородки съ эксцентрическими отверстіями, совпадающими только при одномъ извѣстномъ положеніи трубокъ относительно другъ друга.

Операція наполненія баллона *a* состоитъ въ слѣдующемъ. Металлическія трубки поворачиваютъ одну около другой такъ, чтобы вышеупомянутыя отверстія въ ихъ перегородкахъ совпали, и тогда вводятъ внутрь трубокъ вытянутый конецъ баллона до тѣхъ поръ, пока онъ не покажется изъ отверстія перегородокъ. Приготовленный такимъ образомъ пріемный аппаратъ вводится въ батометръ Петтерссона-Книповича черезъ верхнее его отверстіе, какъ показано на чертежѣ, тотчасъ по прибытіи батометра на палубу судна, и, затѣмъ, поворачиваніемъ рукоятки *b*, измѣняютъ положеніе одной изъ перегородокъ и тѣмъ ломаютъ кончикъ баллона, отчего вода устремляется въ пустоту послѣдняго и наполняетъ его нижнюю часть, тогда какъ выдѣляющія изъ воды газы скопляются въ верхней его части. Послѣ этого вынимаютъ баллонъ изъ батометра и запаиваютъ на спиртовой лампѣ нижній его конецъ. Запаянные баллоны этикируются и хранятся въ особыхъ ящикахъ по возможности въ холодномъ помѣщеніи, такъ какъ иначе они могутъ лопаться.

Происхожденіе солей въ морской водѣ. Вопросъ о происхожденіи солей въ морской водѣ неоднократно обращалъ на себя вниманіе ученыхъ, начиная съ самыхъ древнихъ временъ. Всѣ предположенія по этому вопросу сводятся къ слѣдующимъ.

1) На днѣ океановъ были залежи солей, которыя затѣмъ растворились; самыя же соли образовались послѣ того, какъ земля достаточно охладилась. По этой гипотезѣ, слѣдовательно,

океанъ былъ въ началѣ прѣснымъ, затѣмъ постепенно уже становился соленымъ. Не говоря уже про то, что эта гипотеза ничѣмъ не подтверждается, она сомнительна и потому, что многочисленные образчики грунта океановъ и морей не обнаруживаютъ ни малѣйшихъ слѣдовъ соли; мало того, первѣйшія ископаемыя животныя, находимыя въ земныхъ пластахъ, оказываются принадлежащими къ морскимъ животнымъ, т. е. къ тѣмъ, которыя жили въ соленой водѣ, а не въ прѣсной, слѣдовательно, океаны съ самыхъ первыхъ геологическихъ эпохъ были уже солеными.

2) Соль въ океаны и моря доставляется рѣками. По этой гипотезѣ океанъ вначалѣ былъ прѣснымъ. Испаренія, подымающіяся съ океановъ, переносятся частью на материки и, ниспадая здѣсь въ видѣ дождей, снѣга, даютъ, попадая во внутренность земли, начало ключамъ, источникамъ и рѣкамъ, которыя, протекая сквозь разные пласты, растворяютъ ихъ и растворенныя частицы уносятъ съ собою въ моря и океаны. Такъ какъ испаренія океановъ состоятъ изъ чистой воды, а возвращаемая материковыми потоками и рѣками вода содержитъ примѣси разныхъ солей, содержащихся въ земныхъ пластахъ, то, очевидно, въ океанахъ должно происходить постоянное накопленіе разныхъ солей, и послѣ нѣкотораго значительнаго промежутка времени океанъ этимъ путемъ и могъ достигнуть той солености, которая въ наше время въ немъ наблюдается. Въ подкрѣпленіе того взгляда, что океанъ когда то имѣлъ меньшую соленость, чѣмъ теперь, ботаникъ Кунце указываетъ, что въ прежнія геологическія эпохи въ океанахъ было болѣе богатое растительное царство и что обѣдненіе послѣдняго произошло отъ увеличенія солености Но если рѣки сдѣлали океанъ соленымъ, то очевидно онѣ-же и должны доставлять разныя соли въ той же пропорціи, какую мы видимъ въ океанахъ между разными солями, т. е. онѣ должны бы больше всего доставлять хлористыя соли, именно, поваренную соль, которой находится свыше 78% въ океанѣ.

Анализы разныхъ рѣчныхъ водъ, однако, не доказываютъ этого; такъ, въ среднемъ изъ анализовъ водъ рр. Вислы, Рейна, Роны, Луары, Темзы, Нила и Св. Лаврентія оказалось:

Углекислыхъ солей	60,1%
Сѣрнокислыхъ „	9,9
Хлористыхъ „	5,2
Кремнез. орг. мат.	24,8
	100%

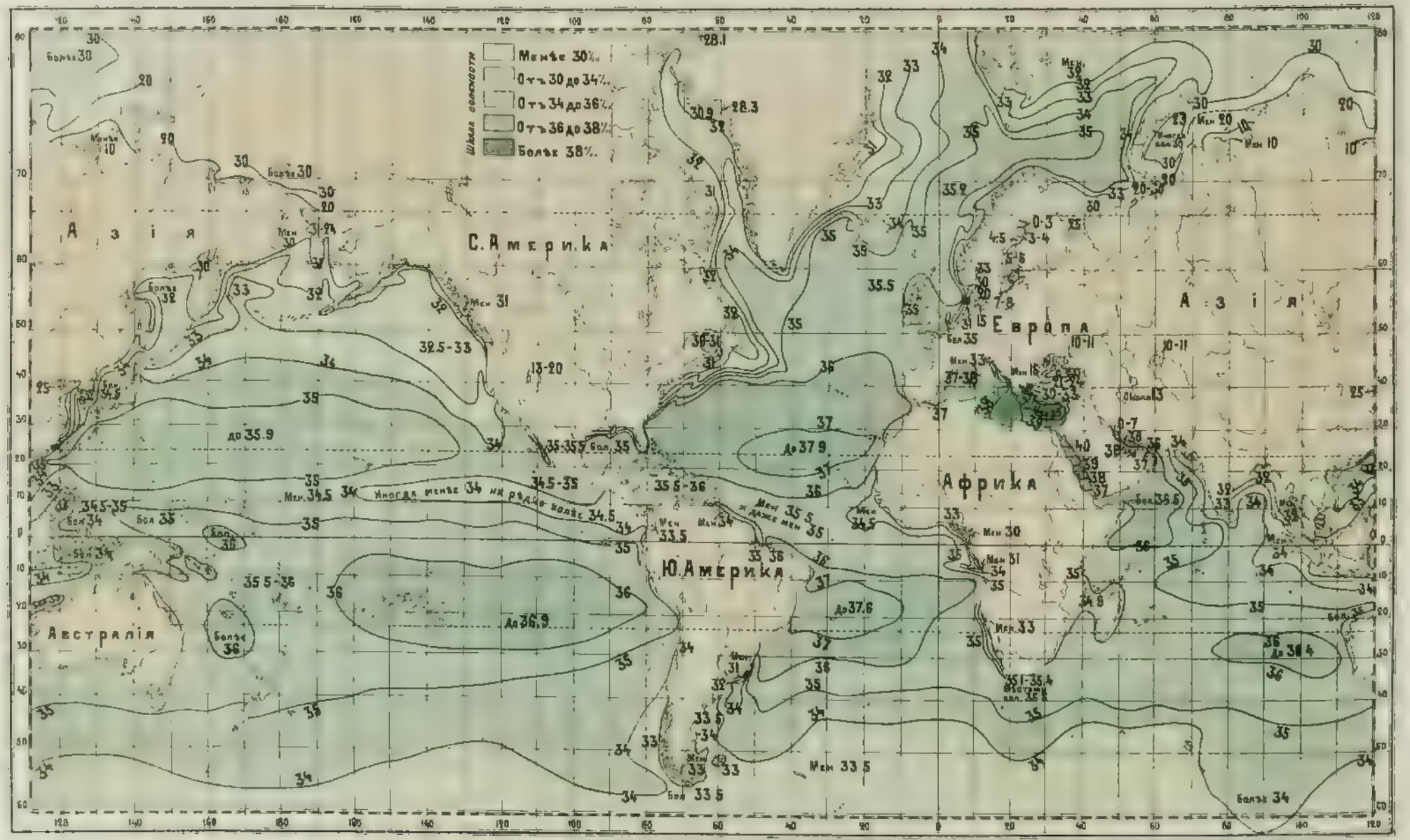
то есть, рѣчныя воды больше всего доставляютъ известковыхъ солей, именно углекислой извести; поваренной же соли и вообще хлористыхъ солей въ нихъ замѣчается только около 5%. Эти данныя, однако, по мнѣнію защитниковъ излагаемой гипотезы, нисколько не должны опровергать ее. Они указываютъ, что обитающіе въ моряхъ организмы пользуются для своего существованія преимущественно известковыми солями, и потому эти послѣднія постоянно расходуются и не могутъ накопляться въ океанахъ, тогда какъ поваренная соль, хотя и доставляется рѣками въ ничтожномъ количествѣ, но, не подвергаясь какимъ бы то ни было процессамъ, накоплялась постоянно многія тысячи лѣтъ, такъ что могла достигнуть нынѣшней концентраціи. Если этотъ взглядъ вѣренъ, то мы бы должны были замѣтить увеличеніе съ теченіемъ времени хлористаго натрія въ океанской водѣ; конечно, мы теперь судить не можемъ объ измѣненіяхъ въ содержаніи солей въ океанахъ; чтобы замѣтить увеличеніе солей, нуженъ огромный промежутокъ времени, между тѣмъ какъ наши наблюденія по этому предмету обнимаютъ періодъ менѣе 100 лѣтъ. Но по поводу изложеннаго взгляда остается замѣтить то же, что и относительно первой гипотезы, а именно, что остатки первичныхъ животныхъ въ земныхъ пластахъ указываютъ, что эти животныя обитали въ соленыхъ океанахъ и что слѣдовательно океаны во всякомъ случаѣ содержали еще соли въ первомъ геологическомъ періодѣ, но было ли тогда ко-

личество въ нихъ поваренной соли много меньше, это остается неизвѣстнымъ.

3) Поваренная соль была уже растворена въ океанахъ съ самаго начала ихъ образованія, рѣки же пополняютъ ея количество и доставляютъ другія соли. Первоначальный запасъ, какъ полагаютъ, былъ доставленъ изъ атмосферы, содержавшей поваренную соль въ парообразномъ состояніи. Эта гипотеза представляется наиболѣе правдоподобною, но прямыхъ доказательствъ ея мы не имѣемъ.

Такимъ образомъ, вопросъ о происхожденіи поваренной соли въ океанахъ остается открытымъ. Что же касается известковыхъ составныхъ частей морскихъ водъ, и именно углекислой извести, то онѣ безъ сомнѣнія, доставляются рѣками. Но куда же расходуется эта углекислая известь, такъ какъ анализы океанскихъ водъ показываютъ ничтожное количество ея въ этихъ водахъ? Хотя нѣкоторыя водоросли расходуютъ углекислую известь, но этотъ расходъ крайне невеликъ. По всей вѣроятности значительная часть углекислой извести посредствомъ химическихъ процессовъ переходитъ въ другія известковыя соли, такъ, напр. возможенъ переходъ въ гипсъ или сѣрнокислую известь. Животныя въ морѣ выдѣляютъ свои продукты въ формѣ сѣрнокислыхъ солей, а умершіе и гніющіе организмы даютъ сѣроводородъ, который подъ вліяніемъ кислорода переходитъ постепенно въ сѣрную кислоту. Сѣрнокислыя соли и сѣрная кислота превращаютъ углекислую известь въ гипсъ. Эти процессы объясняютъ, почему въ моряхъ мы встрѣчаемъ больше сѣрнокислой извести, чѣмъ углекислой, хотя рѣки доставляютъ первую въ сравнительно маломъ количествѣ.

Распредѣленіе солености и плотности водъ въ океанахъ. Первыя обстоятельныя ареометрическія наблюденія въ океанахъ были произведены нашимъ академикомъ Э. Ленцомъ въ первой половинѣ прошлаго столѣтія; изъ этихъ наблюденій выяснилось уже, что колебанія солености въ открытомъ океанѣ не велики, и что максимумъ солености на поверхности океановъ



Чер. 242. Распредѣленіе солености (по Шотту).

расположенъ въ области пассатовъ, при чемъ Ленцомъ были указаны и причины такого распредѣленія солености. Впослѣдствіи химикъ Бухананъ [97]) обработалъ наблюденія Challenger'a и на основаніи ихъ представилъ картографически общій выводъ о распредѣленіи удѣльныхъ вѣсовъ $\left(s\,\frac{15^{\circ}56}{4}\right)$ какъ на поверхности, такъ и на глубинахъ. Карты распредѣленія удѣльнаго вѣса и солености на поверхности океановъ имѣются также въ изданіяхъ Гамбургской морской обсерваторіи, Нидерландскаго и Лондонскаго метеорологическихъ институтовъ, а для отдѣльныхъ частей океановъ и морей — въ изданіяхъ научныхъ океанографическихъ экспедицій [98]).

Новѣйшую сводку всѣхъ трудовъ и наблюденій относительно солености на поверхности моря даетъ намъ Шоттъ [99]). На основаніи его карты, представленной здѣсь въ нѣсколько сокращенномъ видѣ (чер. 242), приходимъ къ слѣдующимъ выводамъ:

1) Области максимальной солености расположены вообще на окраинахъ тропиковъ, въ области пассатовъ, при чемъ концентрація солей сильнѣе всего въ Атлантическомъ океанѣ (до 37,9‰) и слабѣе всего въ сѣв. Тихомъ (35,9‰).

2) Тропическіе максимумы сѣвернаго и южнаго полушарій раздѣляются экваторіальною полосою слабой солености (до 34‰), простирающеюся преимущественно въ восточныхъ частяхъ океановъ, нѣсколько сѣвернѣе экватора.

3) Внѣ тропическаго пояса соленость убываетъ постепенно въ направленіи къ полярнымъ странамъ, при чемъ убываніе равномѣрнѣе въ южныхъ, чѣмъ въ сѣверныхъ широтахъ, и медленнѣе всего уменьшается соленость въ сѣверовосточной части Атлантическаго океана.

Причины такого распредѣленія солености въ открытыхъ частяхъ океановъ могутъ быть объяснены различіемъ въ условіяхъ *испаренія* и *опрѣсненія*, и отчасти *теченіями*. Испареніе увеличиваетъ концентрацію солей; величина его, какъ извѣстно, зависитъ отъ температуры, силы вѣтра, облачности неба и отно-

сительной влажности. Скорость испаренія морской воды меньше скорости прѣсныхъ водъ, но она тоже увеличивается съ увеличеніемъ температуры и съ уменьшеніемъ относительной влажности; при одной и той же температурѣ по опытамъ Мацелле большую роль играетъ сила вѣтра, особенно при переходѣ отъ штиля къ умѣренному вѣтру *). Это послѣднее обстоятельство весьма важно для выясненія условій испаренія въ тропической области океановъ. Здѣсь температура почти вездѣ одинаково высока, но въ отношеніи вѣтровъ разница большая между экваторіальною зоною и широтами, ближайшими къ границѣ тропиковъ.

Экваторіальная зона въ среднемъ до 10° с. ш. принадлежитъ къ такъ называемой штилевой полосѣ, тогда какъ внѣ этой зоны, въ открытомъ океанѣ до 25°—30° широты, — область постояннаго, умѣреннаго и даже мѣстами свѣжаго вѣтра — пассата. Соотвѣтственно этому испареніе въ экваторіальной зонѣ должно быть меньше, чѣмъ въ пассатной области. Кромѣ вѣтровъ, имѣются и другія метеорологическія условія, благопріятныя для увеличенія испаренія въ пассатахъ и умень-

*) Увеличеніе испаренія, вычисленное за сутки, по Мацелле:

	при температурѣ воздуха 20° Ц.
при 1° Ц. 0,80 мм.	Среднія, не принимая во вниманіе скорости вѣтра и относ. влажности. при 0,3 м. въ сек. скор. вѣтра 1,21 мм.
» 11° » 0,97 »	» 4,2 » » » » » 1,90 »
» 19° » 1,52 »	» 7,5 » » » » » 2,97 »
» 27° » 2,96 »	» 10,3 » » » » » 4,01 »

Соотношеніе между испареніемъ морской воды и прѣсной выражается слѣд. формулою по Мацелле (S. B. Wien. Ak. 107, II a 1898)

$$y = -0{,}018 + 0{,}7303\,x + 0{,}0561\,x^2 - 0{,}0044\,x^3$$

гдѣ y — суточное испареніе въ мм. морской воды, x — прѣсной.

При $x = 0$, $y = -0{,}018$, т. е. если воздухъ такъ насыщенъ, что прѣсная вода не испаряетъ, то морская вода осушаетъ воздухъ на 0,018 мм. въ сутки, слѣдовательно, соленость при такихъ условіяхъ должна уменьшаться.

шенія его въ штилевой полосѣ, именно, преобладаніе ясной и сравнительно сухой погоды въ пассатахъ и облачной въ штилевой зонѣ. Сообразно съ испареніемъ, концентрація солей, т. е. соленость, больше въ пассатной зонѣ, чѣмъ въ штилевой. Наконецъ, въ послѣдней соленость и потому еще должна быть меньше, чѣмъ въ пассатахъ, что поверхность моря въ ней опрѣсняется въ нѣкоторой степени дождями, составляющими одно изъ характерныхъ явленій погоды въ штилевой полосѣ. Обыкновенно даже считаютъ, что опрѣсненіе дождями штилевой полосы составляетъ одну изъ главныхъ причинъ уменьшенія въ ней солености сравнительно съ пассатною областью. Однако, по даннымъ Шотта, суточная величина испаренія въ пассатѣ можетъ вызвать концентрацію въ 0,8‰, тогда какъ среднее количество дождя въ сутки, составляющее въ штилевой полосѣ примѣрно 10 мм., въ состояніи опрѣснить поверхность моря лишь на 0,1‰, такъ что, по мнѣнію Шотта, экваторіальные дожди ни въ какомъ случаѣ не могутъ считаться важнымъ факторомъ въ уменьшеніи солености воды экваторіальной зоны, и главная причина сводится на малое испареніе вслѣдствіе отсутствія вѣтровъ.

Значеніе вѣтровъ въ распредѣленіи солености вообще въ тропическомъ поясѣ выступаетъ особенно при сопоставленіи картъ солености съ картами вѣтровъ; тамъ, гдѣ пассатъ отличается наибольшимъ постоянствомъ и силою, какъ напр. въ Атлантическомъ океанѣ, тамъ и больше всего соленость. Также, распространеніе области штилей преимущественно въ восточной экваторіальной зонѣ объясняетъ, почему въ этой части шире всего область тропическаго минимума солености. Мѣстоположеніе южнаго тропическаго максимума почти вплотную у береговъ Бразиліи обусловлено, по мнѣнію Буханана, большой силою SO пассата, нагоняющаго болѣе соленыя воды къ берегамъ Бразиліи, тогда какъ вдоль африканскаго прибрежья теченіе Бенгуэлы несетъ воды малой солености изъ высшихъ южныхъ широтъ.

Въ умѣренныхъ широтахъ уменьшеніе солености происходитъ такъ же, какъ въ штилевой полосѣ, отъ уменьшенія испаренія, но здѣсь главнымъ факторомъ является пониженная температура, сопровождаемая преобладаніемъ пасмурныхъ и туманныхъ *) погодъ и дождливости, а въ тѣхъ мѣстахъ, куда приносятся льды, таяніе послѣднихъ опрѣсняетъ поверхностные слои моря.

По мѣрѣ приближенія къ полярной области, температура все болѣе и болѣе понижается и при маломъ испареніи увеличивается повторяемость тумановъ и атмосферныхъ осадковъ и количества льдовъ, а потому соленость въ направленіи къ полярнымъ бассейнамъ все болѣе и болѣе уменьшается.

Пониженіе температуры съ возрастаніемъ широты идетъ неравномѣрно, отчего и уменьшеніе солености отъ тропиковъ къ полярнымъ широтамъ также неравномѣрно, такъ что кривыя одинаковой солености, такъ называемыя *изогалины*, обнаруживаютъ, подобно изотермамъ, нѣкоторые изгибы.

Изгибы изогалинъ обусловливаются также теченіями; особенно выдается переносъ соленыхъ водъ Гольфстримомъ въ высокія сѣв. широты, до Шпицбергена, Новой Земли и къ Баффинову заливу. Вообще въ высокихъ умѣренныхъ и полярныхъ широтахъ крупнѣйшія аномаліи въ распредѣленіи солености связаны съ направленіемъ теченій и съ распредѣленіемъ льдовъ.

Опрѣсненіе льдами особенно обнаруживаютъ воды у Ньюфаундленда, восточной Гренландіи и на сѣверѣ Берингова моря.

Въ прибрежной полосѣ океановъ на соленость оказываютъ вліяніе стоки рѣкъ, какъ это замѣтно по уменьшенію солености уже въ нѣкоторомъ разстояніи отъ устья рѣкъ Инда, Ганга, Конго, Лаплата и друг. Все азіатское прибрежье сѣв. Ледовитаго океана сильно опрѣсняется сибирскими многоводными

*) См. примѣчаніе на стр. 546 относительно осушенія воздуха при насыщеніи его влагою.

рѣками — Обь, Енисей и Лена; здѣсь на большомъ разстояніи отъ берега соленость даже менѣе 20‰. Различное распредѣленіе въ разное время года, подъ вліяніемъ вѣтровъ, рѣчныхъ водъ, теченій и льда производитъ большія колебанія въ солености сибирскихъ водъ, особенно въ Карскомъ морѣ, гдѣ можно наблюдать соленость иногда болѣе 30‰, иногда менѣе 25‰— колебанія, которыя едва ли встрѣчаются въ другихъ мѣстахъ.

На глубинахъ соленость мало отличается отъ солености на поверхности; по Бухану [100]), въ среднемъ выводѣ для Атлантическаго, Тихаго и Индійскаго океановъ соленость на поверхности 35,37‰ и уменьшается *) на глубинѣ 400—800 саж. до 34,56‰ (на 0,81‰), а затѣмъ до глубины 2000 саж. и до дна увеличивается снова до 34,83‰ (на 0,27‰).

Вмѣстѣ съ тѣмъ, по мѣрѣ увеличенія глубины, соленость на отдѣльныхъ глубинныхъ уровняхъ становится нѣсколько болѣе однообразною, чѣмъ на поверхности; наибольшая разность (въ Атлантическомъ океанѣ) на глубинѣ 100 саж. составляетъ 3,78‰, а на глубинѣ 1500 саж. и до дна — 2,97‰.

Подобное распредѣленіе солености имѣетъ мѣсто вообще въ тропической и умѣренной областяхъ океановъ, и уменьшеніе здѣсь солености съ глубиною можетъ быть объяснено вышеупомянутымъ уже движеніемъ (стр. 469) на глубинахъ полярныхъ, сравнительно мало соленыхъ, водъ въ низшія широты.

Въ Сѣверномъ Ледовитомъ океанѣ, въ той части его, которая изслѣдована на „Фрамѣ“, согласно выводамъ Нансена [101]),

---

*) Буханъ даетъ для разныхъ глубинъ табличку среднихъ удѣльныхъ вѣсовъ при $\frac{15°,56}{4}$, которыя, перечисляя помощью множителя 135 на соленость, приводятъ къ слѣдующему распредѣленію солености на глубинахъ:

на поверхности	35,37‰	на глубинѣ 800 с.	34,56
на глубинѣ 100 с. . . .	35,10	» » 1500 »	34,83
» » 200 » . .	34,83	» » 2000 »	34,83
» » 300 » . . .	34,69		
» » 400 » . . .	34,56		

соленость съ глубиною увеличивается *), особенно до глубины 200 саж.; верхніе слои здѣсь, очевидно, опрѣснены сибирскими рѣками. Съ глубины 200 саж. соленость 35‰ и болѣе и также еще увеличивается немного до глубины 1000 саж. слишкомъ; этотъ мощный слой высокой солености отличается и повышенною температурою, такъ что несомнѣнно воды его Атлантическаго происхожденія. Вода Атлантическаго океана, слѣдуя дрейфу Гольфстрима въ высокія сѣверныя широты и уклоняясь подъ вліяніемъ вращенія земли около оси вправо, погружается по мѣрѣ охлажденія мало по малу на глубины, вслѣдствіе своей бо́льшей плотности, и служитъ причиною увеличенія солености глубинныхъ водъ въ той части полярнаго бассейна, которая составляетъ продолженіе сѣверо-европейскихъ и сибирскихъ водъ.

Въ восточно-Гренландскомъ морѣ (зап. часть Сѣв. Европейскаго моря), служащемъ главнымъ транзитнымъ путемъ для стока полярныхъ водъ въ низшія широты, соленость, колеблясь на поверхности отъ 30‰ до 33‰, согласно изслѣдованіямъ Мона[102]), достигаетъ у дна соотвѣтственно 33‰—34‰; эти воды, проникая въ низшія широты сѣв. Атлантическаго океана, понижаютъ соленость глубинъ послѣдняго. Подобнымъ же образомъ глубины Сѣв. Тихаго океана получаютъ малосоленыя воды изъ Охотскаго и Берингова морей.

Сопоставляя сѣверныя части океановъ Атлантическаго и

---

*) Слѣдующая табличка представляетъ среднюю соленость на различныхъ глубинахъ по наблюденіямъ на «Фрамѣ»:

поверхность			21,23‰	219 саж.	(400 м.)		35,19‰
11 саж.	(20 м.)		30,44	547 »	(1000 м.)		35,22
22 »	(40 м.)		33,41	1094 »	(2000 м.)		35,23
33 »	(60 м.)		33,76	1312 »	(2400 м.)		35,35
55 »	(100 м.)		34,20	1640 »	(3000 м.)		35,27
109 »	(200 м.)		34,95				

Тихаго въ широтахъ 20°—40° по даннымъ Бухана *), обнаруживается, что воды Атлантическаго океана, соотвѣтственно бо́льшей солености на поверхности, не только и на всѣхъ глубинахъ болѣе солены, чѣмъ воды Тихаго океана, но и пониженіе солености въ нихъ до глубины 400 саж. идетъ быстрѣе, за исключеніемъ лишь слоя отъ 100 до 200 саж. Отсюда слѣдуетъ, что вліяніе притока полярныхъ водъ на пониженіе солености глубинъ сильнѣе въ Атлантическомъ, чѣмъ въ Тихомъ океанѣ; это вполнѣ соотвѣтствуетъ болѣе широкому сообщенію Атлантическаго океана съ Сѣв. Ледовитымъ, между тѣмъ какъ Охотское море, играющее роль полярнаго бассейна для Сѣв. Тихаго океана, не можетъ давать по малости своихъ размѣровъ столько воды, сколько Сѣв. Ледовитый океанъ черезъ посредство Восточно-Гренландскаго и Лабрадорскаго теченій. Вышеупомянутое же исключеніе для слоя 100—200 саж. можно себѣ объяснить тѣмъ, что на этой глубинѣ Атлантическій океанъ въ восточной своей части получаетъ притокъ весьма соленой воды изъ Средиземнаго моря; примѣсь этой воды умѣряетъ опрѣсненіе означеннаго слоя, производимое въ западной части океана погружающимися на глубины холодными полярными водами, и потому пониженіе солености въ этомъ слоѣ Атлантическаго океана въ среднемъ выводѣ менѣе, чѣмъ въ Тихомъ, гдѣ такого источника осолоненія глубинъ, какъ Средиземное море, вовсе не существуетъ. Подобно Средиземному морю,

*) Средняя соленость по Бухану:

	Японія—Гавам.	Атлант. ок. 20°—40° с. ш. 10°—70° з. дол.
Поверхность	34,69‰	36,85‰
На глуб. 100 саж.	34,56	36,58
» » 200 »	34,15	36,31
» » 300 »	34,15	36,05
» » 400 »	34,15	35,77
» » 800 »	34,29	35,91
» » 1500 » до дна. . . .	34,29	35,91

Красное море служитъ причиною увеличенія солености на глубинахъ въ сѣверо-западной части Индійскаго океана.

Южныя части океановъ, прилегающія къ антарктическимъ водамъ, наиболѣе извѣстны въ отношеніи солености въ Индійскомъ океанѣ; здѣсь обнаруживается также увеличеніе солености съ глубиною *), но въ гораздо меньшей степени, чѣмъ это имѣетъ мѣсто на сѣверныхъ окраинахъ Атлантическаго океана, и причина этого заключается въ томъ, что южныя части океановъ вступаютъ повсюду въ непрерывное сообщеніе съ южно-полярными водами и не имѣютъ такого мощнаго теченія, какъ Гольфстримъ на сѣверѣ Атлантическаго океана; юго-западная вѣтвь экваторіальнаго теченія Индійскаго океана, проникающая повидимому въ высокія южныя широты, можетъ только въ слабой степени вліять на соленость глубинъ этихъ широтъ. Въ общемъ соленость глубинъ южныхъ высокихъ широтъ можно принять около 34,5‰, т. е. соленость, весьма мало отличающуюся отъ солености глубинъ умѣреннаго и тропическаго поясовъ. Подравниваніе концентраціи водъ на глубинахъ является, какъ уже выше было замѣчено, несомнѣнно слѣдствіемъ обмѣна глубинныхъ водъ между высшими и низшими широтами, подъ вліяніемъ разности давленій; эта же разность происходитъ отчасти отъ разности плотности водъ, благодаря ихъ разной

*) Изъ наблюденій «Challenger'a» и «Valdivia» имѣемъ слѣдующія данныя солености около параллели 60° ю. ш.

Глубина.	«Challenger». (80°20′ в. д.).	«Valdivia». (20°—40° в. д.).
Поверхность.	33,51‰	33,79‰
27 саж.	33,93	33,80
55 »	34,34	34,28
219 »	34,72	34,58
547 »	34,57	34,45?
2230 » дно	34,43	34,51

По Бухану, въ шир. 40°—65° юж. и долг. 80°—140° вост. соленость почти на всѣхъ глубинахъ въ среднемъ одинаковая 34,42‰.

температурѣ и солености, и, чтобы видѣть, какъ велики эти разности, мы разсмотримъ распредѣленіе плотности.

Въ поверхностномъ слоѣ температура и соленость убываютъ въ направленіи отъ троиковъ къ полюсамъ; пониженіе температуры увеличиваетъ плотность водъ, а убываніе солености уменьшаетъ ее, такъ что оба вліянія могутъ компенсироваться, или же, сообразно съ преобладаніемъ вліянія того или другого фактора, въ данномъ участкѣ океана мѣняется и его плотность, причемъ измѣненія должны происходить какъ въ пространствѣ, такъ и во времени. Такъ какъ въ открытомъ океанѣ температура колеблется въ бо́льшихъ предѣлахъ, чѣмъ соленость, то она играетъ и бо́льшую роль въ распредѣленіи плотности, и, въ виду связи ея съ широтою, должна обнаружиться и нѣкоторая послѣдовательность въ распредѣленіи плотности по широтамъ.

Среднія величины плотности для нѣкоторыхъ широтъ вычислены Шоттомъ *) и они показываютъ, что плотность поверхностныхъ водъ увеличивается съ широтою, т. е. полярныя воды, несмотря на малую ихъ соленость, плотнѣе тропическихъ.

Буханъ [103]) сдѣлалъ попытку представить картографически распредѣленіе плотности на поверхности и на разныхъ глубинахъ до дна, выражая это распредѣленіе въ видѣ отклоненій наблюденныхъ величинъ отъ среднихъ для каждой ступени глубинъ **). Замѣтимъ, что выводы какъ Шотта, такъ и Бухана, надо считать лишь первымъ приближеніемъ, такъ какъ

---

*) Среднія плотности $\left(s\frac{t}{4^\circ}\right)$ для разныхъ параллелей по Шотту:

	Атлант. ок.	Тихій ок.
70° с. ш.	1,0278	—
50 » »	1,0265	—
25 » »	1,0255	—
7 » »	1,0224	1,0215 (въ шир. 5°).
25 ю. ш.	1,0256	1,0247
40 » »	1,0260	1,0260
50 » »	1,0270	1,0272

**) Буханъ вычислилъ слѣдующія среднія для глубинъ:

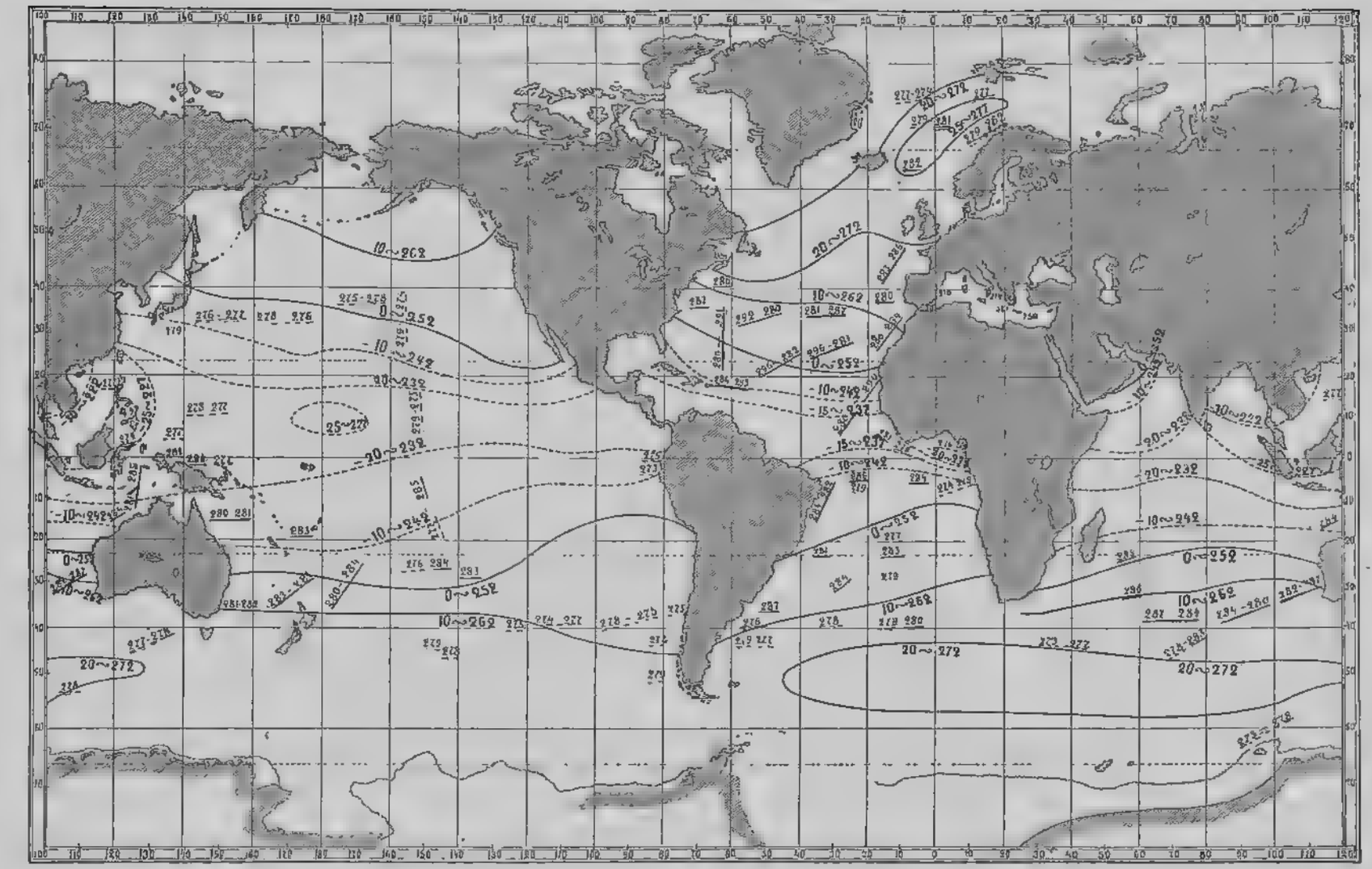
Глубины . .	Поверх.	100 с.	200 с.	300 с.	400 с.	800 с.	1500 с.	2000 с.
Средн. $s\left(\frac{t}{4^\circ}\right)$	1,0252	261	268	271	273	276	279	280

послужившій для нихъ матеріалъ еще крайне недостаточенъ, особенно для глубинъ, и притомъ распредѣленіе его какъ въ пространствѣ, такъ и во времени, весьма неравномѣрное. Изъ картъ Бухана мы прилагаемъ здѣсь только карту для поверхности океановъ, отмѣтивъ на ней и плотности для придоннаго слоя (1500 с. и болѣе). Проведенныя на картѣ (чер. 243) линіи равныхъ плотностей (сплошныя — выше средней, пунктирныя — ниже средней) на поверхности показываютъ, также какъ и выводы Шотта, увеличеніе плотности отъ тропиковъ къ высшимъ широтамъ; при средней плотности на поверхности 252 *), наибольшее положительное отклоненіе въ сѣв. полушаріи (25) обнаруживается въ области дрейфа Гольфстрима въ Сѣв. Европейскомъ морѣ, а въ южномъ полушаріи (20) — въ шир. около 50°, въ области поперечнаго теченія; наибольшія же отрицательныя отклоненія (— 25) въ сѣверозападной тропической части Тихаго океана и въ прилегающей къ нему части Индійскаго (Бенгальскій зал. и Китайскія моря —30). Вообще вся экваторіальная область на поверхности обнаруживаетъ минимальную плотность водъ. Съ глубиною **) плотность

*) Сокращ. 252 = 1,0252.

**) Среднія по Бухану для разныхъ глубинъ (вездѣ пропущена 1,0, т. е. вмѣсто 1,0256 написано 256) дополняемъ выводами Нансена для Арктическаго бассейна:

		Повер.	100 с.	200 с.	300 с.	400 с.	800 с.	1500 с.	2000 с.
Арктич. бас.		177	279	281	281	281	282	282	—
С. Евр. мор. 60° с. ш.		274	277	278	—	281	281	281	—
Атлантическій ок.	20°—40° с. ш. 10°—70° з. д.	256	269	271	274	278	283	286	286
	Гвин. зал. . . .	235	260	269	272	274	275	277	277
	0°—30° ю. ш. 10°—40° з. д.	251	268	271	274	277	277	281	282
Тихій ок.	Япн.-Гаваи. .	248	260	266	269	271	274	277	277
	0°— 30° с. ш. 118°—150° в. д.	231	251	264	269	271	—	277	278
	Гаваи-экв. .	231	261	268	270	272	276	278	278
	0°— 30° ю. ш. 80°—150° з. д.	239	252	269	272	275	278	281	281
	30°— 55° ю. ш. 53°—133° з. д.	263	266	267	270	271	275	277	278
Юж. Инд. ок.	40°— 65° ю. ш. 80°—140° в. д.	270	271	273	273	274	—	277	278



Чер. 243. Распредѣленіе плотности водъ $\left(s\,\frac{t}{4}\right)$ на поверхности и на днѣ (по Бухану). $0\sim252=1{,}0252$ средняя плотность на поверхности, $279=1{,}0279$ — на днѣ. Сплошныя линіи относятся къ областямъ съ плотностью выше средней (напр. $25\sim277=1{,}0277$ на поверхности, $282=1{,}0282$ на днѣ), пунктирная — къ мѣстамъ съ плотностью меньше средней (напр. $-15\sim237=1{,}0237$ на поверхности, $274=1{,}0274$ на днѣ).

увеличивается вездѣ, но въ тропикахъ быстрѣе, чѣмъ въ полярныхъ водахъ, особенно на первыхъ 100—300 саж., а съ глубины 800 саж. до дна плотность довольно однообразная, но все же больше всего въ области тропическихъ максимумовъ солености на поверхности. Подобное распредѣленіе плотности, показывающее избытокъ давленія въ полярныхъ странахъ надъ экваторіальными, должно порождать уклонъ глубинныхъ уровенныхъ поверхностей въ общемъ отъ полюсовъ къ экватору, такъ что въ этомъ же направленіи должно происходить и медленное движеніе глубинныхъ водъ, по крайней мѣрѣ на тѣхъ глубинахъ, на которыхъ ступевывается вліяніе поверхностныхъ океанскихъ теченій, вызываемыхъ и поддерживаемыхъ гораздо болѣе могущественными факторами, чѣмъ разность плотности водъ, а именно, преимущественно вѣтрами. Но, если общій уклонъ глубинныхъ уровенныхъ поверхностей и направленъ отъ полюсовъ къ экватору, то въ частности этотъ уклонъ мѣняется подъ вліяніемъ разностей давленія, производимыхъ мѣстными восходящими и нисходящими движеніями частицъ. Такъ, судя по даннымъ Бухана, въ Сѣв. Атлантическомъ океанѣ максимальная плотность и соленость придоннаго слоя приходятся въ шир. 20°—40° с. т. е. въ той же мѣстности, гдѣ на поверхности максимумъ солености; это показываетъ, что мы здѣсь имѣемъ дѣло съ нисходящимъ движеніемъ частицъ. Подъ вліяніемъ сильной концентраціи на поверхности частицы погружаются на глубину, и, смѣшиваясь при этомъ съ притекающими полярными водами, охлаждаются и хотя и опрѣсняются послѣдними, но соленость ихъ все же остается еще столь большою, что онѣ продолжаютъ быть плотнѣе окружающихъ частицъ и потому мало по малу достигаютъ дна. Такимъ нисходящимъ движеніемъ увеличивается давленіе въ придонномъ слоѣ, отчего въ послѣднемъ является какъ бы преграда къ дальнѣйшему движенію арктическихъ водъ и даже получается стремленіе къ движенію частицъ на встрѣчу полярнымъ водамъ, которымъ, поэтому, приходится направляться въ обходъ области тропиче-

скаго максимума солености. Движеніе, однако, во всей такой области должно быть весьма сложнымъ, такъ какъ рядомъ съ нисхожденіемъ частицъ являются восходящія и боковыя движенія, и этимъ путемъ устанавливается нѣкоторый постоянный, ходя и медленный обмѣнъ водъ, поверхностныхъ и глубинныхъ. Тропическій максимумъ солености въ Сѣв. Атлантическомъ океанѣ отличается наибольшею интенсивностью среди другихъ тропическихъ океанскихъ максимумовъ, притомъ же онъ усиливается еще на глубинѣ въ восточной части океана притокомъ соленыхъ водъ Средиземнаго моря, поэтому циркуляція водъ на глубинахъ здѣсь особенно усложняется, но не менѣе сложная циркуляція происходитъ несомнѣнно и въ области другихъ максимумовъ солености *); она происходитъ и въ области мощныхъ теченій, особенно при встрѣчѣ разнородныхъ теченій, какъ напр. Гольфстрима и Гренландскаго и Лабрадорскаго, и, наконецъ, въ области таянія глубоко сидящихъ въ водѣ ледяныхъ горъ. Циркуляція глубинныхъ водъ осложняется еще болѣе въ мѣстахъ сильнаго развитія рельефа дна, особенно на прибрежныхъ скатахъ, среди острововъ, раздѣленныхъ глубокими океанскими впадинами и т. д.

Наиболѣе оживленная циркуляція водъ имѣетъ мѣсто, конечно, въ близъповерхностномъ слоѣ, такъ что здѣсь она можетъ выражаться еще теченіями измѣримой скорости, но чѣмъ болѣе погружаться вглубь океанскихъ водъ, тѣмъ скорость обмѣна ихъ уменьшается настолько, что не поддается уже непосредственнымъ измѣреніямъ, и изучать этотъ обмѣнъ можно только косвеннымъ путемъ — путемъ точныхъ опредѣленій плотности водъ, т. е. температуры и солености. Чѣмъ точнѣе дѣлать такія опредѣленія, тѣмъ ближе можно подойти къ выясненію какъ общаго характера циркуляціи водъ, такъ и

*) По вышеприведенной таблицѣ Бухана видно, что плотность водъ на глубинахъ Тихаго океана также въ тропикахъ больше, чѣмъ внѣ ихъ.

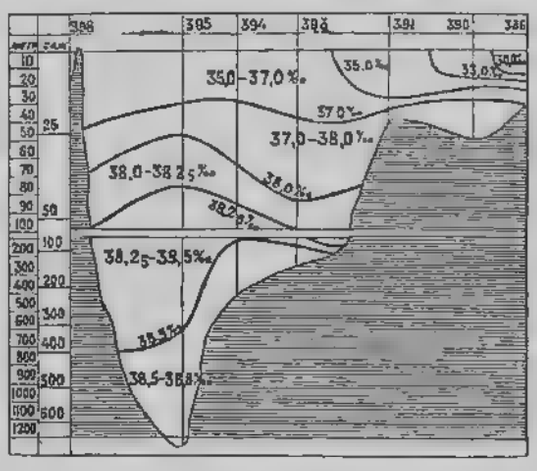
мѣстныхъ ея особенностей и ея измѣнчивости въ пространствѣ и во времени. По Нансену при глубоководныхъ изслѣдованіяхъ слѣдуетъ стремиться къ точности для температуры до 0°,01 Ц., и для солености — до 0,0000002 удѣльнаго вѣса. Подобная точность почти недостижима современными методами, но все же можно къ ней приблизиться, и съ этою цѣлью слѣдуетъ 1) для опредѣленія температуры глубинъ пользоваться батометрическимъ способомъ, употребляя при этомъ термометръ, дающій сотыя доли градуса и 2) для опредѣленія солености примѣнять химическій способъ титрованія, производя контроль титра посредствомъ тщательно изслѣдованныхъ образцовъ нормальной морской воды. Имѣющіяся въ настоящее время наблюденія произведены большею частью въ предѣлахъ точности десятыхъ долей градуса для температуры и четвертаго и въ рѣдкихъ случаяхъ пятаго десятичнаго знака для удѣльнаго вѣса, притомъ же эти наблюденія, подобно наблюденіямъ нашимъ въ высшихъ слояхъ атмосферы, производимымъ посредствомъ аэростатовъ и змѣевъ, являются пока не болѣе, какъ рекогносцировкою, по которымъ мы можемъ составить себѣ представленіе только объ общемъ характерѣ явленій, но не о деталяхъ его.

Соленость внутреннихъ морей. Соленость окраинныхъ морей, вполнѣ открытыхъ къ океану, мало отличается отъ океанской солености, и если наблюдаются болѣе значительныя уклоненія, то лишь мѣстами, подобно тому какъ и на открытыхъ берегахъ океановъ, вслѣдствіе притока рѣкъ, присутствія льдовъ и т. п.

Другое дѣло внутреннія моря, окруженныя материками и соединяющіяся съ океаномъ лишь небольшимъ проливомъ. Въ такихъ моряхъ соленость значительно больше или меньше средней солености океановъ въ зависимости отъ того, преобладаетъ ли во всемъ бассейнѣ испареніе или притокъ рѣчныхъ водъ и атмосферныхъ осадковъ. Къ подобнымъ морямъ принадлежитъ Красное, Средиземное, Черное и Балтійское моря; первыя два

моря солонѣе океановъ, а Черное и Балтійское—полуопрѣсненныя моря.

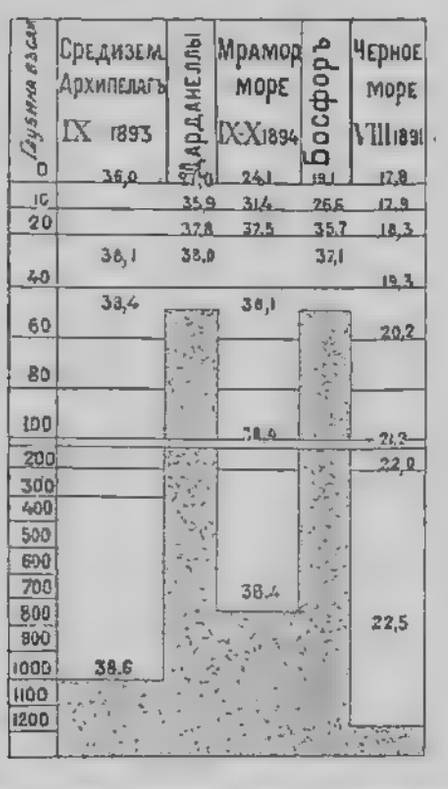
Въ *Красномъ* морѣ[104]), особенно въ сѣверной его части, соединяются всѣ условія, наиболѣе благопріятныя сильному испаренію и недостатку опрѣсненія, вслѣдствіе отсутствія рѣкъ и малости дождей, поэтому соленость водъ его особенно велика. На поверхности въ сѣверной части моря соленость достигаетъ 40‰; она затѣмъ умепьшается къ Баб-эль-Мандебскому проливу до 37‰, благодаря притоку на поверхности менѣе соленой воды изъ Индійскаго океана, въ то время какъ болѣе соленая вода Краснаго моря изливается на глубинѣ въ океанъ. Съ глубиною соленость въ Красномъ морѣ увеличивается, но немного; на сѣверѣ всего до 40,4‰, а у пролива до 38‰.



Чер. 244. Распредѣленіе солености между о-вомъ Скіафо и Сара-Сигляромъ (Дарданеллы) въ іюлѣ 1893 г.

Въ *Средиземномъ*[105]) морѣ соленость на поверхности отъ 37 до 39‰, меньше въ западномъ бассейнѣ и больше въ южной части восточнаго бассейна. Причины такого распредѣленія солености заключаются въ томъ, что въ западномъ бассейнѣ получается черезъ Гибралтаръ притокъ изъ Атлантическаго океана, въ южной же части восточнаго бассейна испареніе сильнѣе и эта область бѣднѣе дождями, чѣмъ Приатлантическая часть. Въ сѣверной части восточнаго бассейна климатическія и гидрографическія условія менѣе благопріятны для концентраціи солей, чѣмъ въ южной части; климатъ здѣсь холоднѣе и опрѣсненіе сильнѣе, какъ отъ притока рѣчныхъ водъ, такъ и отъ дождей. Поэтому соленость уменьшается въ Адріатическомъ

морѣ (до 33‰) и въ Эгейскомъ. Въ послѣднемъ соленость на поверхности особенно уменьшается вблизи Дарданеллъ (до 30‰), благодаря стоку полуопрѣсненныхъ водъ изъ Черноморскаго бассейна (чер. 244). Измѣненія солености съ глубиною въ Средиземномъ морѣ незначительны, если исключить мѣстности, получающія притокъ малосоленыхъ водъ; такъ, въ южной части восточнаго бассейна соленость достигаетъ мѣстами всего лишь 39,3‰.—Ничтожная сравнительно величина возрастанія солености съ глубиною въ Средиземномъ морѣ, равно какъ и въ Красномъ, можетъ быть удовлетворительно объяснена испареніемъ на поверхности; вслѣдствіе испаренія поверхностныя частицы становятся плотнѣе и погружаются на глубины, увеличивая соленость.

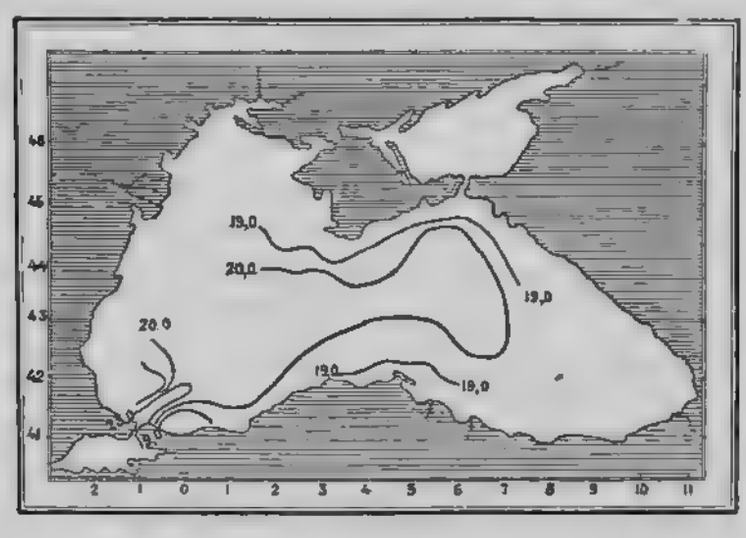


Чер. 245. Вертикальное распредѣленіе солености.

На переходѣ изъ Архипелага къ Мраморному и Черному морямъ соленость все болѣе и болѣе уменьшается (чер. 245) и Черное море имѣетъ уже во всей своей толщѣ въ среднемъ соленость всего отъ 17 до 22,5‰. Малая соленость водъ Чернаго моря является слѣдствіемъ избытка рѣчныхъ водъ и атмосферныхъ осадковъ надъ испареніемъ. Благодаря накопленію опрѣсненныхъ водъ, уровень Чернаго моря долженъ обнаруживать нѣкоторое превышеніе надъ уровнемъ Средиземнаго моря; разность уровня этихъ морей увеличивается еще напоромъ водъ у Босфора подъ вліяніемъ господствующихъ въ Черномъ морѣ NE вѣтровъ. Получается такимъ образомъ на поверхности постоянный

уклонъ уровня отъ Чернаго къ Средиземному морю, отчего образуется теченіе на поверхности изъ Чернаго моря черезъ Босфоръ, Мраморное море и Дарданеллы. Съ другой стороны, такъ какъ столбъ средиземноморской воды плотнѣе такого же столба черноморской воды, то у входа въ Дарданеллы давленіе больше на глубинахъ, чѣмъ у входа въ Босфоръ; на той глубинѣ, на которой избытокъ давленія въ состояніи преодолѣть сопротивленіе верхняго теченія, образуется обратное теченіе изъ Средиземнаго моря въ Черное. Съ распредѣленіемъ обоихъ теченій и связано распредѣленіе солености на поверхности и на глубинахъ. Эта связь особенно рѣзко выступаетъ въ Мраморномъ морѣ, представляющемъ переходную ступень отъ соленаго Средиземнаго моря къ полуопрѣсненному Черному морю. Климатическія и гидрографическія условія Мраморнаго моря ближе подходятъ къ Средиземному, чѣмъ къ Черному морю, и вступающее въ него поверхностное черноморское теченіе постепенно осолоняется, отчасти вслѣдствіе болѣе благопріятныхъ климатическихъ условій для концентраціи солей, а отчасти отъ постепеннаго смѣшиванія съ средиземноморскою водою путемъ водоворотовъ, противутеченій и конвекціонныхъ токовъ. Въ общемъ, въ Мраморномъ морѣ[106]) можно отмѣтить 4 различныхъ пояса солености по вертикальному направленію: 1) поясъ до глубины 5—6 саж., исключительно занятый поверхностнымъ теченіемъ изъ Чернаго моря, соленостью въ среднемъ около 25‰; 2) отъ 6 до 14 саж. глубины поясъ быстро возрастающей солености (до 36‰) — это поясъ, включающій границу теченій, ихъ перемѣшиваніе и часть подводнаго средиземноморскаго теченія; 3) поясъ до глубины Дарданельскаго порога (около 50 саж.), занятый весь подводнымъ теченіемъ изъ Средиземнаго моря, со среднею соленостью около 38‰ и 4) остальная масса воды до дна, исключительно средиземноморской воды, той же солености, что и въ архипелагѣ на глубинѣ Дарданельскаго порога (38,4‰). Такимъ образомъ, средняя соленость въ Мраморномъ морѣ, смотря по глубинѣ слоя, варьируетъ на 13‰ слишкомъ.

Въ Черномъ морѣ[107]) измѣненія солености съ глубиною почти въ три раза менѣе, чѣмъ въ Мраморномъ, и притомъ слой довольно однообразной, мало измѣняющейся съ глубиною солености простирается отъ поверхности почти до глубины Босфорскаго порога (35—50 саж.), и только съ глубины этого порога соленость возрастаетъ нѣсколько быстрѣе. Такимъ образомъ притокъ средиземноморской воды въ Черное море происходитъ на бо́льшей глубинѣ, чѣмъ въ Мраморномъ морѣ. Вслѣдствіе малыхъ размѣровъ подводнаго потока сравнительно съ тою массою опрѣсненныхъ водъ, которыя представляетъ намъ

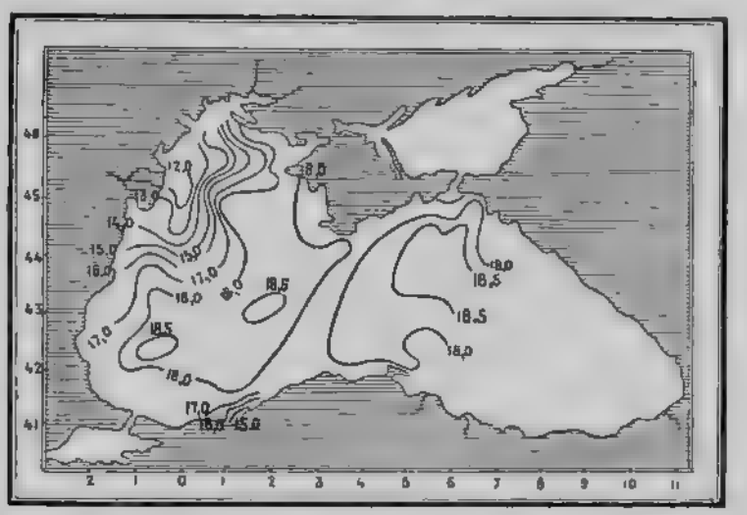


Чер. 246 і. Распредѣленіе солености на глубинѣ 50 саж. въ маѣ 1891 г.

Черноморскій бассейнъ, значеніе его для солености Чернаго моря не столь значительно, какъ Дарданельскаго для Мраморнаго моря — онъ осолоняетъ Черноморскую котловину всего на 4—5‰. Но этотъ потокъ, какъ уже выше было указано, придаетъ большую остойчивость водамъ котловины и, ослабляя вертикальную циркуляцію въ ней, оказываетъ громадное вліяніе на химико-біологическія особенности Черноморской котловины.

Такъ какъ источникомъ осолоненія Чернаго моря являются глубинныя воды Босфора, то соленость въ Черномъ морѣ на

глубинѣ Босфорскаго порога увеличивается въ направленіи къ Босфору (чер. 246 I), тогда какъ на поверхности распредѣленіе солености обнаруживаетъ у Босфора, напротивъ, накопленіе опрѣсненныхъ водъ и незначительные максимумы солености въ среднихъ частяхъ моря, наиболѣе удаленныхъ отъ береговъ. Опрѣсненіе же (чер. 246 II) получается главнымъ образомъ изъ сѣверо-западнаго угла моря, особенно отъ водъ Дуная; эти опрѣсненныя воды расходятся какъ бы въ видѣ вѣера, но главная ихъ масса все же устремляется къ Босфору и большою частью входитъ въ него, а частью протекаетъ мимо.



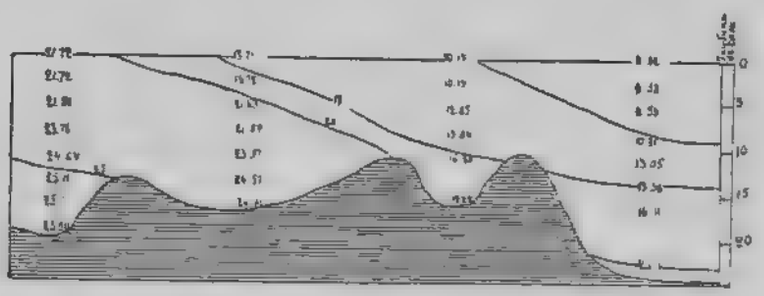
Чер. 246 II. Распредѣленіе солености на поверхности въ маѣ 1891 г.

Опрѣсненіе Чернаго моря доставляется также изъ Азовскаго моря, соленость котораго всего около 10‰. Керченскій проливъ, вслѣдствіе малой глубины, наполняется, въ зависимости отъ направленія вѣтра, то азовскою водою, то частью черноморскою, обнаруживая такимъ образомъ по временамъ довольно большое колебаніе солености во всей массѣ своихъ водъ [108]).

Въ подобныхъ условіяхъ, какъ Черное море съ Азовскимъ, находится и Балтійское со своими заливами, только здѣсь климатическія и гидрографическія условія еще менѣе благопріятны для концентраціи солей, чѣмъ въ Черномъ. Тогда какъ соле-

ность въ Нѣмецкомъ морѣ почти не отличается отъ океанской, соленость въ юго-западной части Балтійскаго моря (около 10‰) можетъ быть сопоставлена лишь съ соленостью Азовскаго моря, а въ конечныхъ пунктахъ, на сѣверѣ Ботническаго залива и въ Финскомъ и Рижскомъ заливахъ, соленость уменьшается до 3‰ и меньше *).

Подъ вліяніемъ разности солености Нѣмецкаго и Балтійскаго морей въ проливахъ, ихъ соединяющихъ, образуются, также какъ мы видѣли въ Босфорѣ, двойственныя теченія, о которыхъ мы уже говорили выше на стр. 497, но вслѣдствіе малой глубины этихъ проливовъ упомянутыя теченія менѣе устойчивы, чѣмъ въ Босфорѣ, и воды ихъ иногда перемѣшиваются, подчиняясь въ

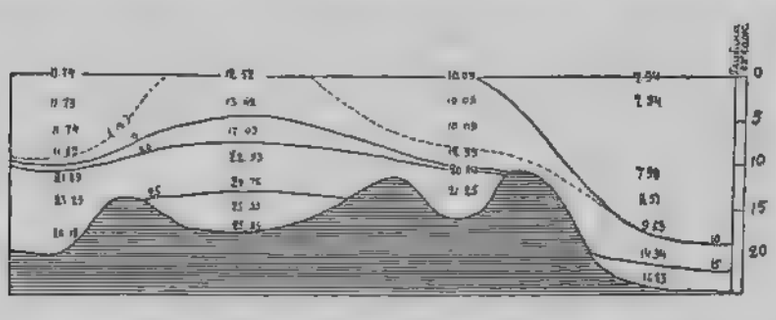


Чер. 247 I. Распредѣленіе солености въ зап. части Балтійскаго моря, отъ Альзенбельта до Арконы (февр. 1894 г.).

значительной степени направленію и силѣ господствующаго вѣтра. Тѣмъ не менѣе, притокъ соленой воды изъ Нѣмецкаго моря вполнѣ доказывается увеличеніемъ солености на днѣ въ западной части Балтійскаго моря (чер. 247 I) [109]). Въ періодъ весенняго половодья масса опрѣсненныхъ водъ увеличивается и потому глубина поверхностнаго стока балтійскихъ водъ становится гораздо больше (чер. 247 II), тогда какъ на днѣ вода почти не измѣняетъ своей солености. Болѣе соленая вода внизу наблюдается и во всей Балтійской ложбинѣ, но разность между

*) При входѣ въ Финскій заливъ соленость 7‰, у Сескара 3,5‰, у Кронштадта около 1‰, въ Рижскомъ заливѣ 5,7‰, въ Ботническомъ, сѣвернѣе Кваркена, 3—2, 6‰.

соленостью поверхности и дна, несмотря на увеличеніе глубинъ, становится меньше по мѣрѣ удаленія къ сѣверу и къ востоку *); въ этомъ же направленіи увеличивается и толща слоя поверхностной однообразной солености, достигая надъ Балтійскою впадиною большею частью глубины 30—40 саж. Въ этомъ слоѣ однообразной солености происходитъ самая оживленная термическая циркуляція, постоянно обновляющая воды глубинъ и доставляющая съ поверхности все новые и новые запасы воздуха для поддержанія жизни; въ этомъ же слоѣ, какъ мы видѣли выше (стр. 498, чер. 236), и распредѣленіе температуры лѣтомъ представляетъ нормально убывающій рядъ.



Чер. 247 п. Распредѣленіе солености въ зап. части Балтійскаго моря между Альзенбельтомъ и Арконою въ маѣ 1894 г.

Глубже этого слоя до дна, благодаря возрастанію солености, обмѣнъ водъ идетъ медленно, вода бѣднѣетъ воздухомъ и ста-

*) Такъ, имѣемъ:

		Соленость на поверхн.		Соленость на глубинахъ.
По наблюд. Крюммеля въ іюлѣ 1894 г.	Восточнѣе Борнгольма. .	7,8‰	дно	(50 с.) —16,8‰
	Данцигская бухта	7,4		58 » —11,4
	Восточнѣе Готланда. . .	7,3		125 » —11,9
По шведск. наблюденіямъ.	Восточнѣе Ландсорта (въ іюлѣ 1877 г.).	6,1		220 » —10,7
	Тамъ же (въ іюлѣ 1893 г.).	6,5		220 » —10,4
	Аланд. м. (въ іюлѣ 1877 г.).	5,4		140 » — 7,4
	Тамъ же (въ іюлѣ 1893 г.).	5,8	дно	140 » — 7,2
Восточнѣе Готланда (по наблюд. в.-ад. Макарова въ іюнѣ 1889 г.)		3,3		(35 ») — 7,3

новится богаче углекислотою *), доставляемою очевидно живущими на глубинѣ организмами. Какъ ни медленно однако можетъ совершаться здѣсь обновленіе водъ, тѣмъ не менѣе, благодаря сравнительно малому объему Балтійской котловины, обмѣнъ водъ настолько идетъ быстрѣе, чѣмъ въ котловинѣ Чернаго моря, что количество доставляемаго имъ кислорода совершенно достаточно для окисленія гніющихъ продуктовъ, и потому на большихъ глубинахъ Балтійскаго моря не наблюдается подобнаго зараженія водъ сѣроводородомъ, какъ это имѣетъ мѣсто въ Черномъ морѣ.

Разсмотримъ еще химическія свойства водъ наиболѣе обширнаго и глубочайшаго въ свѣтѣ озера, носящаго издавна названіе моря — это Каспійское море. Выше (стр. 532) уже указано, что Каспійская впадина составляла въ началѣ третичнаго періода часть открытаго моря, которое въ міоценовую эпоху было уже солоноватоводнымъ и впослѣдствіи распалось на участки; одинъ изъ такихъ участковъ представлялъ Каспійское море, соединявшееся сначала съ Аральскимъ и Чернымъ морями и отдѣлившееся отъ нихъ лишь по окончаніи ледниковой эпохи. Присутствіе же въ фаунѣ Каспія морскихъ сѣверныхъ формъ допускаетъ вѣроятность его прямого нѣкогда сообщенія съ Ледовитымъ океаномъ, но геологическія данныя этого не подтверждаютъ.

Съ окончательнымъ обособленіемъ Каспія впадающія въ бассейнъ въ большомъ количествѣ рѣчныя воды стали наполнять его преимущественно сѣрнокислыми и углекислыми солями кальція и магнія и довели соленость его водъ до состава нѣсколько

---

*) Изъ наблюденій восточнѣе Готланда Петтерссонъ приводитъ слѣдующія данныя солености и анализа газовъ въ водѣ:

Глубина въ саж. (метры) . . .	8(15)	16(30)	33(60)	55(100)	110(220)
Соленость $^0/_{00}$	7,51	7,50	7,62	10,27	11,6
Азотъ, куб. сант. на литръ . .	18,44	18,25	18,32	16,40	—
Кислородъ въ процентахъ . .	34,4	34,0	33,2	19,5	6,9
Углекислота, кубич. сант. на литръ.	32,2	32,0	32,4	36,1	41,2

отличнаго отъ состава морей, сообщающихся съ океаномъ. Изъ различныхъ опредѣленій химикъ Лебединцовъ вывелъ [110]), что въ 100 частяхъ сухого остатка Каспійской воды въ среднемъ содержится поваренной соли меньше на 15,8%, а сѣрнокислой магнезіи и гипса болѣе на 20,8%, чѣмъ въ водѣ Черпаго моря, такъ что соотношеніе между поваренною солью и сѣрнокислою магнезіею въ Каспійскомъ морѣ равно 2,6 : 1, а въ Черномъ 10,9 : 1 *).

По вопросу о распредѣленіи солености въ Каспійскомъ морѣ мы имѣемъ лишь отрывочныя данныя, но все же и по нимъ можно уже судить, что соленость на поверхности колеблется въ большихъ предѣлахъ. На сѣверѣ, благодаря рѣкамъ Волгѣ и Уралу, воды столь же опрѣснены, какъ при входѣ въ Финскій заливъ (около 7‰), въ южной же части, надъ котловиною, соленость одинакова съ соленостью глубинъ южной части Балтійскаго моря (около 13‰). Съ глубиною соленость немного увеличивается **), но такъ какъ глубины Каспія не получаютъ, подобно Черному или Балтійскому морямъ, притока соленой воды извнѣ, то увеличеніе солености на его глубинахъ можно себѣ объяснить лишь результатомъ испаренія

*) По анализамъ воды, взятой въ маѣ 1897 года у восточнаго берега вблизи Карабугаза, г. Лебединцовъ нашелъ на 100 частей сухого остатка:

(Отдѣльныя элементы).		(Послѣ группировки солей).	
Натрія (Na)	24,5	$NaCl$	62,76
Хлора (Cl)	41,8	$MgSO_4$	23,64
Сѣрн. кисл. (So_3)	19,80	$MgCl_3$	4,03
Кальція (Ca)	2,63	$CaSO_4$	6,99
Магнія (Mg)	5,76	$MgBr_2$	0,07
Калія (K)	0,60	KCl	1,16
Углекислоты (CO_2)	0,63	$CaCo_3$	1,44
Брома (Br)	0,06		

Соленость 12,65‰ и соотвѣтствующій удѣльный вѣсъ 1,0104 при 17,5° Ц.

**) На поверхности удѣльный вѣсъ 1,0105 при 17°5 Ц. и соотвѣтствующая соленость 12,72‰; на глубинѣ 200 саж. уд. вѣсъ 1,0110 при 17°5 Ц. и соотв. соленость 13,4‰.

водъ на поверхности и погруженіемъ концентрированныхъ частицъ на глубины. Подобный процессъ при доставленіи рѣками все новаго и новаго запаса солей долженъ вести въ концѣ концовъ къ осолоненію глубинъ и, слѣдовательно, къ постепенному затрудненію вертикальной циркуляціи водъ, циркуляціи, обновляющей глубины въ зимнее время свѣжими запасами кислорода. Съ прекращеніемъ же обмѣна частицъ окисленіе органическихъ веществъ на глубинахъ станетъ производиться лишь на счетъ кислорода сѣрнокислыхъ солей, который скоро изсякнетъ, и на глубинахъ явится сѣроводородъ и сдѣлаетъ эти глубины столь же безжизненными, какъ и въ Черномъ морѣ. Такова ли дѣйствительно будущность Каспійской котловины, въ которой на большихъ глубинахъ уже и теперь жизнь лишь прозябаетъ въ лицѣ немногихъ представителей ракообразныхъ сѣверныхъ формъ? Для отвѣта на подобный вопросъ данныхъ въ настоящее время не имѣется, но слѣдуетъ замѣтить, что накопленіе солей въ Каспіѣ пока регулируется расходомъ ихъ въ Карабугазскій заливъ. Этотъ заливъ, соединялсь съ Каспіемъ (чер. 139) узкимъ проливомъ около 2 миль длиною и 1—3 саж. глубиною, лежитъ какъ бы во впадинѣ, куда, какъ по наклонной плоскости, течетъ постоянно Каспійская вода, тамъ она испаряется, а соли ея концетрируются все болѣе и болѣе, какъ въ котлѣ испарителя; въ настоящее время вода залива на столько сконцентрирована, что на днѣ его осаждается гипсъ и глауберовая соль *). По вычисленію химика Лебединцова ежегодно уносится въ Карабугазъ около 27 милліардовъ пудовъ соли, т. е. такое количество, которое могло бы повысить соленость Каспія на 1% въ теченіе приблизительно $2^1/_2$ тысячъ лѣтъ. При такихъ условіяхъ осолоненіе глубинъ Каспія, если оно существуетъ, должно значительно замедляться,

*) Удѣльный вѣсъ воды залива 1,14—1,18, а соленость по Лебединцову около 164‰. По сравненію съ извѣстными солеными озерами соленость Карабугаза еще не такъ велика, какъ видно изъ слѣдующаго: соленость Мертваго моря 217‰, Урмійскаго озера 220, Утаха 223‰.

но мы не знаемъ еще прихода солей; можетъ быть этотъ приходъ одинаковъ съ расходомъ, или даже меньше его. Въ послѣднемъ случаѣ море должно опрѣсняться *) и возможность этого вызываетъ даже опасеніе за существованіе морскихъ организмовъ въ Каспіѣ.

Такимъ образомъ для рѣшенія вопроса объ измѣненіяхъ солености Каспія остается будущимъ изслѣдователямъ выяснить соотношеніе между расходомъ солей въ Карабугазъ и концентраціею ихъ въ морѣ путемъ испаренія и приноса рѣчныхъ солей.

Значеніе солености морей для климатовъ земнаго шара. Содержаніе соли въ морскихъ водахъ обусловливаетъ собою пониженіе ихъ точки замерзанія и температуры наибольшей плотности, сближая между собою эти два явленія на столько, что при обычной океанской солености температура наибольшей плотности уже ниже температуры замерзанія; въ прѣсныхъ водахъ, напротивъ, послѣдняя ниже первой на 4° Ц. Благодаря этимъ особенностямъ морскихъ водъ образованіе въ нихъ льда значительно затрудняется, а съ другой стороны начинается таяніе льда ранѣе, чѣмъ въ прѣсныхъ водахъ, и потому льды въ моряхъ и полярныхъ частяхъ океановъ не могутъ достигать столь большихъ размѣровъ, какъ было бы въ прѣсноводныхъ подобныхъ бассейнахъ, и продолжительность ледянаго покрова въ моряхъ должна быть короче сравнительно съ тѣмъ, какъ если бы эти моря были прѣсными. Вмѣстѣ съ тѣмъ испареніе въ соленой водѣ увеличиваетъ ея плотность и вызываетъ конвекціонные токи, явленіе которое въ прѣсныхъ водахъ имѣетъ мѣсто только при пониженіи температуры, поэтому въ соленыхъ водахъ конвекціонные токи и, слѣдовательно, обмѣнъ

*) Если считать количество растворенныхъ въ рѣкахъ Каспія солей, подобно Невѣ, равнымъ 0,033 гр. на 1000 гр. и общій приходъ водъ согласно проф. Воейкова 388 куб. килм. (см. Воейковъ. Климаты земнаго шара, стр. 521), то приходъ солей получается всего лишь около 1 милліарда пудовъ въ годъ.

тепла между поверхностью и глубинами долженъ происходить въ большихъ размѣрахъ, чѣмъ въ прѣсныхъ водахъ. Всѣ эти обстоятельства имѣютъ грамадное значеніе для климатовъ земнаго шара, а именно: 1) они сокращаютъ періодъ холодовъ и вліяютъ вообще на повышеніе температуръ, и 2) дѣлаютъ климатъ болѣе равномѣрнымъ. Значеніе солености морей для климатовъ выражается еще образованіемъ теченій, вслѣдствіе разности плотностей водъ, обусловливаемой отчасти разностью въ солености. Особенно важное значеніе соленость пріобрѣтаетъ въ моряхъ разной солености, соединяющихся между собою сравнительно узкими проливами. какъ, напр. Черное, Мраморное, Средиземное, Балтійское, Нѣмецкое и т. д. Какъ выше указано въ этихъ случаяхъ образуются двойственныя теченія — верхнее опрѣсненное и нижнее соленое; послѣднее, идя на сравнительно большой глубинѣ, сохраняетъ въ значительно большей степени температуру мѣста, откуда оно идетъ, чѣмъ верхнее теченіе, а потому нижнее теченіе имѣетъ и большее значеніе для климата. Напр. Черное море путемъ нижняго теченія получаетъ болѣе высокую температуру зимою, чѣмъ было бы, если бы этого теченія не существовало. Также, Балтійское море, благодаря нижнему соленому потоку изъ Скагеррака имѣетъ и въ холодное время года температуру на глубинахъ выше нуля, тогда какъ на поверхности часто можно встрѣтить плавающій ледъ. Очевидно, высокая температура глубинъ вліяетъ на повышеніе и поверхностной температуры и тѣмъ самымъ на климатъ зимы Чернаго и Балтійскаго морей.

Прозрачность и цвѣтъ моря.

Прозрачность. Вопросъ о томъ, какъ легко пропускаетъ морская вода дневной свѣтъ, до какой глубины онъ достигаетъ въ океанахъ и, наконецъ, отъ какихъ факторовъ зависитъ прозрачность моря представляетъ большой научный интересъ. Съ вопросомъ о прозрачности связано не только ближайшее

знакомство съ физическими свойствами морской воды, относительно способности ея поглощать дневной свѣтъ, но и вопросъ объ условіяхъ существованія флоры и фауны на разныхъ глубинахъ и на днѣ морей. Несмотря, однако, на столь важное значеніе вопроса, способы наблюденій далеко не разработаны, и потому имѣющіяся данныя нельзя признать удовлетворительными.

Прежде всего надо замѣтить, что изслѣдованія надъ способностью поглощенія свѣта морскою водою можно вести опытнымъ путемъ. Свѣтъ, падающій на поверхность моря, частью отражается отъ нея, а частью проникаетъ вглубь моря и тѣмъ далѣе, чѣмъ менѣе онъ поглощается морскою водою. Поэтому глубина распространенія свѣта зависитъ отъ большей или меньшей способности морской воды поглощать свѣтовые лучи. Если обозначимъ черезъ J_0 — напряженіе свѣта на поверхности моря, J — напряженіе свѣта на нѣкоторой глубинѣ x, то, принимая гипотезу Бугера, что потеря въ напряженіи свѣта пропорціональна толщинѣ проходимаго слоя и величинѣ напряженія, имѣемъ слѣдующее выраженіе *):

$$J = J_0 e^{-\alpha x},$$

*) Обозначивъ черезъ dJ — уменьшеніе напряженія свѣта при проходѣ свѣта черезъ слой dx, получимъ:

$$dJ = -\alpha J dx \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Интегрируя уравненіе (1), получимъ:

$$\int \frac{dJ}{J} = -\alpha \int dx$$

$$\log J = -\alpha x + \lg C$$

C опредѣляется изъ условія, что на поверхности моря при $x = 0$ напряженіе свѣта равно J_0. Такимъ образомъ:

$$\log \frac{J}{J_0} = -\alpha x$$

откуда:

$$\frac{J}{J_0} = e^{-\alpha x} \text{ или } J = J_0 e^{-\alpha x}$$

гдѣ α — постоянный коэффиціентъ, зависящій отъ состава воды (онъ долженъ быть опредѣленъ изъ опытовъ), и e — основаніе Непоровыхъ логариѳмовъ. Изъ этого уравненія видно, что J можетъ быть равно нулю только при $x = \infty$, такъ какъ J_0, e, α величины постоянныя. Такимъ образомъ, теоретически разсматривая, свѣтъ долженъ проникать въ моряхъ до самыхъ глубокихъ мѣстъ, но конечно этотъ свѣтъ на большихъ уже глубинахъ такъ ничтоженъ, что можетъ быть почти приравненъ полной темнотѣ. Затѣмъ отношеніе $J : J_0$, очевидно, зависитъ отъ коэффиціента α. Вотъ опредѣленіе коэффиціента α для морской воды при различномъ содержаніи солей и различныхъ температурахъ и можетъ послужить базою для сужденія о глубинѣ распространенія свѣта въ моряхъ и океанахъ. Подобныхъ изслѣдованій для морской воды мы почти не имѣемъ, за исключеніемъ нѣсколькихъ опытовъ Бугера *), сдѣланныхъ 160 лѣтъ тому назадъ. Подобныя изслѣдованія, однако, не столь просты, какъ кажутся на первый взглядъ. Дѣло въ томъ, что бѣлый солнечный лучъ представляетъ цѣлую совокупность простыхъ лучей, изъ которыхъ каждый имѣетъ опредѣленную длину волны, въ зависимости отъ которой измѣняется ихъ цвѣтъ, свойства и показатель преломленія, а слѣдовательно и коэффиціентъ α. Такъ, скорѣе всего въ морѣ поглощаются красные и желтые лучи, тогда какъ фіолетовые проникаютъ всего глубже **).

Такимъ образомъ для правильной постановки дѣла надо изучать отдѣльно поглощеніе каждаго простаго луча и суммировать ихъ. При томъ въ подобныхъ опытахъ рѣчь можетъ

---

*) Бугеръ пропускалъ свѣтъ черезъ трубки 115 д. длиною, наполненныя профильтрованною морскою водою.

**) По опытамъ д-ра Боа съ дистиллированною водою (онъ пропускалъ свѣтъ черезъ трубки 125 см. длины) выводятся слѣдующія данныя:

	Красный лучъ.	Желтый.	Голубой.
$J : Jo =$	0,7113	0,7750	0,8639
$\alpha =$	0,3405	0,2549	0,1463

быть лишь о чистой морской водѣ, т. е. не содержащей той массы органическихъ и неорганическихъ примѣсей, которыя обыкновенно встрѣчаются въ природѣ и, разумѣется, вліяютъ на поглощеніе свѣта.

Обыкновенный способъ опредѣленія прозрачности водъ состоитъ въ опредѣленіи глубины, въ которой перестаетъ быть видимымъ для нашего глаза погруженный въ воду какой-либо предметъ, напр. бѣлый блестящій дискъ извѣстныхъ размѣровъ. Этимъ способомъ прежде всего воспользовался Коцебу въ кругосвѣтномъ плаваніи на „Рюрикѣ“ въ 1817 году, затѣмъ Дюперре въ плаваніи 1823—24 г. и Уилькъсъ въ 1838—42 г.; наблюденія ихъ однако имѣютъ большею частью случайный характеръ. Позднѣе Шлагинтвейнъ произвелъ нѣсколько наблюденій надъ прозрачностью моря, погружая бѣлый мраморный дискъ, но такъ какъ его наблюденія сдѣланы почти только въ гаваняхъ, гдѣ вода обыкновенно болѣе мутная, чѣмъ въ открытомъ морѣ, то эти наблюденія не имѣютъ особеннаго значенія въ вопросѣ прозрачности морской воды. Болѣе полныя изслѣдованія по этому методу были произведены Секки и Чіальди въ 1865 году въ Средиземномъ морѣ, близъ Чивита Веккія, и Вольфомъ и Люкшомъ въ 1880 г. въ Адріатическомъ морѣ. Они испытывали фарфоровые и маіоликовые диски, а также диски изъ бѣлой жести и изъ другихъ металловъ, окрашивая ихъ бѣлою, желтою или зеленоватою краскою, при чемъ и размѣры дисковъ варьировали отъ 8 ф. въ діаметрѣ до $1^1/_4$ ф. За глубину исчезновенія для глазъ испытываемаго диска принималась средняя глубина изъ двухъ наблюденій — одного при погруженіи диска, а другаго при поднятіи его; затѣмъ при всѣхъ наблюденіяхъ отмѣчали высоту солнца надъ горизонтомъ. Рядъ подобныхъ изслѣдованій обнаружилъ прежде всего, что размѣры диска и высота глаза наблюдателя надъ поверхностью моря не остаются безъ вліянія на результатъ наблюденій; такъ, Секки нашелъ разницу въ глубинѣ около 15% между дисками $1^1/_2$ ф. и 8 ф. въ діаметрѣ, при чемъ меньшій дискъ исчезалъ

для глаза на меньшей глубинѣ, чѣмъ дискъ большихъ размѣровъ; также при меньшей высотѣ глаза глубина исчезновенія диска оказывалась нѣсколько большею, и это особенно рѣзко выступало въ томъ случаѣ, когда поверхность моря покрывалась рябью. По Люкшу максимальная разница въ глубинѣ исчезновенія малаго и большого дисковъ (0,4 м. и 2 м.) всего около 6%.

Вліяніе цвѣта диска выражается слѣдующимъ образомъ: прежде всего исчезаетъ зеленый, затѣмъ красный, желтый и наконецъ бѣлый. Если принять глубину исчезновенія бѣлаго диска за единицу, то:

Желтый дискъ	исчезаетъ	на	глуб.	0,9
Красный „	„	„	„	0,8
Зеленый „	„	„	„	0,7

Далѣе весьма существеннымъ оказывается вліяніе освѣщенной солнцемъ поверхности моря; въ тѣни глубина исчезновенія диска получалась почти на $^1/_3$ болѣе, чѣмъ на открытомъ мѣстѣ. Наконецъ, нѣкоторое значеніе имѣетъ и способность наблюдателя различать переходные цвѣта; эта способность болѣе или менѣе различная у разныхъ наблюдателей, а отъ нея зависитъ отчасти возможность опредѣлить точно моментъ, когда дискъ при погруженіи перестаетъ быть видимымъ. Такъ, бѣлый дискъ при погруженіи сначала кажется зеленоватымъ, затѣмъ голубовато-зеленымъ, синеватымъ и мало по малу сливается съ цвѣтомъ воды. Различить всѣ эти оттѣнки довольно трудно, и каждый наблюдатель можетъ замѣчать это не одинаково, слѣдовательно, въ результатѣ при всѣхъ одинаковыхъ прочихъ условіяхъ глубина исчезновенія диска можетъ получиться разными наблюдателями различная. Изъ наблюденій экспедиціи „Valdivia“ 1898—99 гг. оказывается, что въ глубинѣ исчезновенія диска играютъ роль и свойства его поверхности; выкрашенный масляною бѣлою краскою дискъ исчезалъ на мень-

шей глубинѣ (на 7%), чѣмъ некрашенный изъ бѣлой жести дискъ.

Всѣ вышесказанныя обстоятельства, вліяющія на результатъ опредѣленія предѣльной глубины видимости диска при погруженіи его въ море, показываютъ, что для полученія выводовъ, которые могли бы быть сравнимы между собою, необходимо пользоваться совершенно одинаковыми дисками и употреблять одни и тѣ же пріемы. Лучше всего повидимому употреблять въ дѣло выкрашенный въ бѣлый цвѣтъ дискъ *) небольшихъ размѣровъ, напр. $1^1/_2$ фута (45—50 см.) въ діаметрѣ, и погружать его въ тихую погоду (при штилѣ) и въ тѣни, пользуясь для этого тѣнью, падающею отъ шлюпки на боканцахъ, отъ кожуховъ, или, наконецъ, большимъ зонтомъ; слѣдуетъ только обращать при этомъ вниманіе, дабы не закрывалось тѣнью, отбрасываемою подводною частью судна, то мѣсто на глубинѣ, гдѣ дискъ перестаетъ быть видимымъ. Если бы послѣднее было неустранимо вслѣдствіе большого углубленія судна и малой сравнительно глубины, на которой исчезаетъ дискъ, то наблюденія лучше произвести со шлюпки. Высоту глаза при наблюденіяхъ слѣдуетъ принять не болѣе 12 ф., по крайней мѣрѣ такая высота оказывается по опытамъ наиболѣе соотвѣтствующею точности наблюденій. Пользуясь подобными пріемами, одними и тѣми же въ разныхъ мѣстахъ океановъ и морей, одинъ и тотъ же наблюдатель можетъ доставить данныя, конечно, только относительныя, которыя однако дадутъ возможность судить до нѣкоторой степени о сравнительной прозрачности водъ въ разныхъ мѣстахъ. Затѣмъ обратить надо вниманіе еще на слѣдующее обстоятельство. Секки полагаетъ, что степень освѣщенія моря, слѣдовательно, и высота солнца надъ горизонтомъ, степень его яркости и т. п. оказываютъ вліяніе на результатъ опредѣленія предѣльной глубины исчезновенія

*) Полезно было бы употреблять и электрическія лампочки, опредѣляя глубину ихъ исчезновенія и при этомъ давая разное напряженіе свѣту лампы.

диска. Нѣкоторыя изъ наблюденій Секки какъ будто подтверждаютъ его мнѣніе въ этомъ случаѣ. Но наблюденія другихъ *) не обнаруживаютъ какой-либо опредѣленной зависимости предѣльной глубины видимости диска отъ высоты солнца и состоянія погоды.

Наблюденія Фореля въ Женевскомъ озерѣ обнаружили такую зависимость только въ зимнее время; лѣтомъ же, когда прозрачность воды озера бываетъ несравненно меньшая, чѣмъ зимою, предѣльная глубина и у Фореля получалась одна и таже во всякое время дня и при какомъ угодно состояніи погоды. Такимъ образомъ, имѣющіяся данныя не рѣшаютъ пока вопроса о вліяніи высоты солнца и состоянія погоды на результатъ опредѣленія предѣльной глубины видимости диска. Разсматривая однако этотъ вопросъ съ теоретической точки зрѣнія, Крюммель находитъ, что степень освѣщенія поверхности моря, зависящая отъ синуса угла паденія солнечныхъ лучей, т. е. отъ синуса высоты солнца, должна вліять и на степень освѣщенія диска, слѣдовательно, и на предѣльную глубину видимости его въ водѣ, но едва ли возможно опредѣлить эту разницу изъ наблюденій простымъ глазомъ, вслѣдствіе несовершенства послѣдняго. Дѣло въ томъ, что глазъ нашъ только тогда въ состояніи отличать разницу въ степени ясности, когда отношеніе освѣщеній превосходитъ извѣстную мѣру. Такъ, Гельмгольцъ въ ясный день могъ опредѣлить еще разницу въ освѣщеніяхъ въ

---

*) Напримѣръ, наблюденія Ашенборна:

1) въ бухтѣ Rothesay, Clyde:

Высота ☉.	Состояніе погоды.	Пред. глуб. вид. диска.
—	Пасмурно, дождь.	12 м.
58°	Ясно.	12 »
57°	Ясно.	10 »
56°	Ясно.	12 »
—	Пасмурно.	10 »

2) въ Кильской гавани:

35°	Ясно.	4,5 »
58°	Ясно.	4 »

$^1/_{133}$, но разница въ $^1/_{150}$ уже становилась нечувствительною для глаза. Многіе опыты показываютъ, что нашъ глазъ легче всего можетъ отмѣчать разницу въ степени ясности при извѣстномъ среднемъ дневномъ освѣщеніи въ предѣлахъ между тѣмъ свѣтомъ, при которомъ безъ труда можно читать, и свѣтомъ бѣлаго диска, который непосредственно освѣщается солнцемъ. Разница этихъ предѣловъ составляетъ почти $^1/_{133}$ отъ полнаго всегдашняго дневного свѣта; въ тѣхъ же предѣлахъ имѣетъ мѣсто и освѣщеніе погруженнаго въ воду бѣлаго диска, будетъ ли солнце высоко надъ горизонтомъ или низко, а также и какова бы ни была облачность. Но такъ какъ разница меньше $^1/_{133}$ уже для насъ почти нечувствительна, то поэтому и видимость погруженнаго диска должна оставаться для нашего глаза одинаковою при какой бы то ни было высотѣ солнца и облачности, хотя степень освѣщенія самаго диска нѣсколько различная. Такимъ же образомъ и погруженный дискъ перестаетъ нами быть видимымъ не потому, что свѣтъ, проходя отъ поверхности моря до диска и обратно, вполнѣ поглощается, но потому, что мы не въ состояніи опредѣлить уже разницу въ освѣщеніи и цвѣтѣ диска и прилегающаго слоя воды. Заключать поэтому по глубинѣ исчезновенія для глазъ диска о глубинѣ, до которой вода пропускаетъ дневной свѣтъ, нѣтъ никакого основанія, слѣдовательно, какъ мы это уже и выше замѣтили, способъ наблюденія надъ прозрачностью водъ погруженіемъ въ воду какого-либо диска можетъ дать только нѣкоторое понятіе объ относительной прозрачности воды въ разныхъ мѣстахъ и при разныхъ условіяхъ.

Изъ имѣющихся въ этомъ отношеніи данныхъ наиболѣе сравнимыя величины даютъ наблюденія экспедицій „National“, „Valdivia“ и „Pola“. По наблюденіямъ „National“ [111]) наибольшая прозрачность въ Саргассовомъ морѣ и нѣсколько восточнѣе его — около 36 саж. (66 м.); на „Valdivia“ [112]) наблюдали наибольшую прозрачность южнѣе Мадейры — 29 саж. (57 м.), въ Индійскомъ же океанѣ въ экваторіальной полосѣ около 27 с.

(50 м.), а въ южной части, пограничной съ антарктическими водами, 12 саж. (29 м.).

Люкшъ и Вольфъ для Адріатическаго и Іоническаго моря даютъ прозрачность максимумъ 28 саж., для восточной части Средиземнаго моря около 33 с. (60 м.)[113]) и для Краснаго моря наибольшую прозрачность 28 саж. (51 м.)[114]), но вообще прозрачность болѣе 25 саж. встрѣчается рѣдко. Ашенборнъ въ западной части Балтійскаго моря наблюдалъ прозрачность максимумъ 8 саж. въ Ирландскомъ морѣ — 12 саж. и т. д.

Наблюденія упомянутыхъ экспедицій показываютъ въ тоже время, что даже въ открытыхъ частяхъ океановъ прозрачность не обнаруживаетъ какой-либо закономѣрности, но бо́льшею частью зависитъ отъ мѣстныхъ условій накопленія и большаго или меньшаго растворенія въ водѣ мельчайшихъ органическихъ и неорганическихъ остатковъ, напр. на „Valdivia“ наблюдали въ близкихъ мѣстахъ прозрачность 29 саж. и 2 саж.

Въ общемъ, однако, можно заключить, что прозрачность водъ болѣе въ открытомъ морѣ, чѣмъ вблизи береговъ, и что у послѣднихъ колебанія въ прозрачности бываютъ значительными, что очевидно обусловливается бо́льшимъ или меньшимъ присутствіемъ илистыхъ и другихъ примѣсей *). Въ тропическихъ частяхъ океановъ прозрачность тоже, кажется, больше, чѣмъ въ высшихъ широтахъ, и это можетъ происходить отъ того, что изъ полярныхъ океановъ приносятся льды, покрытые частью землистыми и другими мелкими непроницаемыми для свѣта частицами; при таяніи этихъ льдовъ означенныя частицы остаются плавающими въ водѣ и уменьшаютъ ея прозрачность. Вліяніе колебаній солености въ открытомъ океанѣ на колебанія въ прозрачности не замѣчается. У береговъ вблизи устья рѣкъ

*) Секки, напр. указываетъ, что послѣ бурныхъ погодъ прозрачность прибрежныхъ водъ значительно уменьшается; очевидно, во время бурь волнами размывается берегъ и въ полосѣ прибрежныхъ водъ накопляется масса землистыхъ примѣсей.

соленость можетъ имѣть значеніе, увеличивая прозрачность, такъ какъ соленая вода обладаетъ свойствомъ осаждать муть *).

Также не обнаружено и вліянія температуры на прозрачность, хотя извѣстно, что дистиллированная вода тѣмъ прозрачнѣе, чѣмъ она холоднѣе.

Для опредѣленія предѣльной глубины распространенія свѣта въ моряхъ употребляютъ фотографическій способъ, а именно, весьма чувствительныя къ свѣту фотографическія пластинки въ особомъ, спеціально приспособленномъ аппаратѣ, погружаютъ на нѣкоторую глубину и экспонируютъ болѣе или менѣе долгое время, послѣ чего аппаратъ вынимается изъ воды, пластинки проявляются и затѣмъ, смотря потому насколько пластинка почернѣетъ, судятъ о количествѣ свѣта на данной глубинѣ. Опыты Фоля и Саразена въ 1885 г. вблизи Ниццы и Виллафранка съ подобными аппаратами показали, что при ясной погодѣ утромъ и въ полдень свѣтъ еще весьма замѣтенъ до глубины 190 саж.; на глубинѣ 210 саж. свѣтъ слабѣе свѣта звѣздной безлунной ночи и, наконецъ, начиная съ глубины 223 саж. не обнаруживается на пластинкахъ ни малѣйшихъ признаковъ дѣйствія свѣта. Подобныя же наблюденія въ вечерніе часы при заходящемъ солнцѣ обнаружили первый слѣдъ дѣйствія свѣта на глубинѣ 143 саж., начиная съ 165 саж. и глубже свѣтъ уже отсутствовалъ. Такимъ образомъ можно считать, что слои воды до глубины 165 с. получаютъ свѣтъ въ теченіе цѣлаго дня, а глубже, до 190 саж., свѣтъ проникаетъ только въ теченіе нѣкоторой части дня и наконецъ, глубже 220 саж. замѣчается всегда полное отсутствіе свѣта. Петерсенъ находитъ опыты Фоля и Саразена не вполнѣ точными по слѣдующимъ причинамъ: аппаратъ ихъ

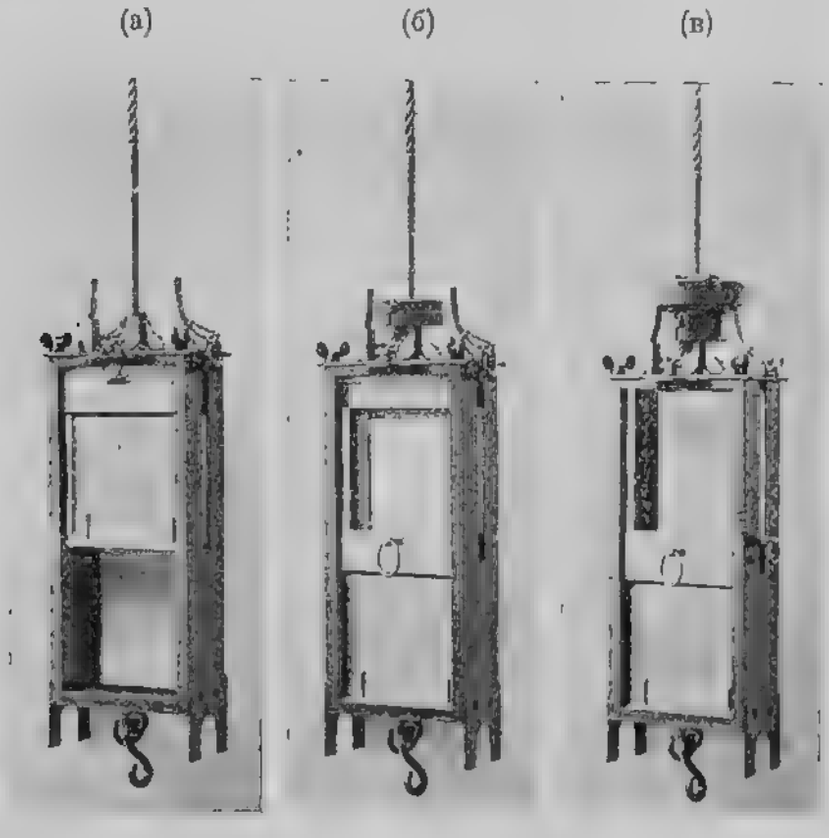
*) Соленость должна оказывать обратное вліяніе на прозрачность въ случаяхъ, когда вода близка къ степени насыщенія солями. Это доказывается моими наблюденіями въ Каспійскомъ морѣ и Карабугазскомъ заливѣ; въ послѣднемъ удѣльный вѣсъ воды 1,14—1,18, а въ Каспійскомъ морѣ 1,01; прозрачность въ Карабугазѣ 6 ф., а въ Каспіи 56 ф. (См. Карабугазскій зал., изд. Министерства Земледѣлія, 1902 г.).

привязывался къ лотлиню и былъ устроенъ такъ, что пока лотъ дѣйствовалъ своею тяжестью на аппаратъ, пластинки оставались закрытыми, но тотчасъ же онѣ открывались для дѣйствія свѣта, какъ только лотъ касался дна. По мнѣнію Петерсена, прикосновеніе лота ко дну могло приподнимать илъ со дна и тѣмъ уменьшать прозрачность воды на извѣстныхъ глубинахъ и, слѣдовательно, вліяло и на глубину проникновенія свѣта, т. е. уменьшало эту глубину. Поэтому Петерсенъ устроилъ въ аппаратѣ, для открытія пластинокъ на извѣстной глубинѣ, винтъ въ родѣ пароходнаго; при погруженіи аппарата винтъ не могъ вертѣться и тѣмъ нажималъ на затворы пластинокъ, но достаточно было, достигнувъ данной глубины, начать подымать аппаратъ, чтобы винтъ пришелъ въ движеніе и этимъ освободилъ затворы пластинокъ; пластинки открывались именно при поднятіи аппарата на $2^1/_2$ м., отъ дальнѣйшаго же поднятія аппарата пластинки опять закрывались. Опыты съ такимъ аппаратомъ были произведены въ концѣ 1887 года недалеко отъ Капри и показали замѣтное дѣйствіе свѣта даже на глубинахъ 300 саж.

Аппаратъ Петерсена не всегда дѣйствуетъ удачно, и потому Люкшъ (чер. 248 а) измѣнилъ его [114]), замѣнивъ винтовой механизмъ спускомъ груза; на опредѣленной глубинѣ спускается по линю грузъ, которымъ открывается кассетка (чер. 248 б), и послѣ экспозиціи (напр. 10 минутъ) спускается второй грузъ, закрывающій вновь аппаратъ (чер. 248 в).

Фотографическій способъ опредѣленія предѣльной глубины распространенія свѣта въ моряхъ имѣетъ также нѣкоторые недостатки. Такъ, довольно трудно опредѣлить степень той черноты, которая обнаруживается на пластинкѣ послѣ фиксировки, и тѣмъ самымъ точно различить едва замѣтную черточку. Замѣтимъ, что на пластинку имѣютъ вліяніе преимущественно голубые, фіолетовые и ультра-фіолетовые лучи, такъ что она не показываетъ всего количества свѣта на данной глубинѣ. Однимъ словомъ, фотографическій способъ даетъ предѣльную

глубину распространенія тѣхъ только свѣтовыхъ лучей, которые химически дѣйствуютъ на пластинку. Но такъ какъ красные и желтые лучи дневного свѣта большею частью поглощаются близко у поверхности моря и глубже всего доходитъ фіолетовая часть солнечнаго спектра, т. е. лучи, наиболѣе дѣйствующіе на фотографическую пластинку, то предѣлъ распространенія лучей, химически дѣйствующихъ на фотографиче-



Чер. 248. Аппаратъ Люкша для экспозиціи фотографической пластинки на глубинахъ.

скую пластинку, можемъ принять за предѣлъ распространенія свѣта. Предѣлъ этотъ, какъ показываютъ вышеупомянутыя новѣйшія наблюденія, долженъ быть глубже даже 300 саж., но во всякомъ случаѣ на большихъ океанскихъ глубинахъ напряженіе свѣта должно быть столь мало, что онъ ничтоженъ даже въ сравненіи со свѣтомъ звѣздной ночи.

Нѣкоторые ученые пытались косвеннымъ путемъ вывести заключеніе о предѣлахъ распространенія свѣта въ океанахъ,

именно, изучая распространеніе растительности въ глубинахъ и органы зрѣнія у животныхъ съ разныхъ глубинъ. Такимъ образомъ, У. Томсонъ, напр., указываетъ, что ракообразныя животныя, живущія недалеко отъ поверхности моря, имѣютъ хорошо развитые глаза, тогда какъ у тѣхъ, которые доставлены съ глубины 100—370 саж., хотя и есть глазные стволы, но взамѣнъ глазъ у нихъ на стволахъ известковыя круглыя оконечности. Наконецъ, у животныхъ съ глубинъ 500—700 саж. органы зрѣнія уже теряютъ свой спеціальный характеръ, дѣлаются неподвижными и оканчиваются остроконечнымъ клювомъ. Ближайшее, однако, изслѣдованіе животныхъ на разныхъ глубинахъ показываетъ, что устройство органовъ зрѣнія не можетъ еще служить мѣриломъ свѣта, такъ какъ рядомъ со слѣпыми экземплярами доставали съ тѣхъ же глубинъ экземпляры съ хорошо развитыми глазами. Быть можетъ на глубинахъ, до которыхъ не достигаетъ дневной свѣтъ, все-таки свѣтъ можетъ быть отъ свѣтящихся морскихъ животныхъ и этого свѣта достаточно, чтобы нѣкоторыя животныя могли пользоваться своими органами зрѣнія. Относительно растеній указываютъ, что они особенно обильны на глубинахъ до 50 саж., затѣмъ довольно скудны въ слояхъ 50—200 саж. и наконецъ почти исчезаютъ уже въ глубинахъ 220 саж., такъ что эта послѣдняя глубина вѣроятно и есть предѣлъ распространенія дневного свѣта. Съ этимъ заключеніемъ довольно близко согласуются, какъ мы видѣли, и наблюденія Фоля и Саразена.

Цвѣтъ моря. Если направить лучъ зрѣнія вглубь моря, защищая нѣсколько глазъ отъ вліянія разсѣяннаго свѣта, напр. смотря черезъ трубку, внутри зачерненную, то море покажется имѣющимъ довольно интенсивную окраску, которая, смотря по мѣсту наблюденія, будетъ или темносинею, голубою, или зеленою съ различными переходными оттѣнками до бураго включительно; бурый оттѣнокъ, впрочемъ, можетъ наблюдаться лишь какъ исключеніе, напр. вблизи береговъ во внутреннихъ небольшихъ моряхъ. Въ океанѣ же, въ тропикахъ, цвѣтъ моря

большею частью темносиній. Гумбольдтъ, сравнивая синеву тропическихъ водъ съ синевою неба тамъ же, нашелъ, что послѣдняя почти въ 2—3 раза слабѣе первой. Теплыя морскія воды отличаются интенсивнымъ синимъ цвѣтомъ, полярныя же воды обнаруживаютъ преимущественно зеленый цвѣтъ. Крюммель сдѣлалъ попытку представить картографически [115]) распредѣленіе цвѣта въ Сѣв. Атлантическомъ океанѣ до 10° ю. ш.; подобную же карту даетъ и Шоттъ [116]) въ изданіи трудовъ экспедиціи „Valdivia“. Судя по этимъ картамъ, чистымъ темносинимъ цвѣтомъ отличаются воды Саргассоваго моря и среди круговоротовъ экваторіальныхъ теченій Южнаго Атлантическаго и Индійскаго океановъ (по указан. ниже шкалѣ Фореля I), вокругъ же этихъ областей на болѣе или менѣе значительномъ пространствѣ воды синяго цвѣта (по шк. I—II), переходящаго мѣстами въ сине-зеленоватый оттѣнокъ (по шк. II—III), какъ напр. въ восточной вѣтви Гольфстрима, въ Южно-Африканскомъ теченіи и въ экваторіальномъ его продолженіи, въ Игольномъ теченіи и мѣстами въ поперечномъ теченіи; по мѣрѣ приближенія къ полярнымъ водамъ, зеленый цвѣтъ выступаетъ сильнѣе, такъ что вблизи Гренландіи, равно какъ у Патагоніи и въ южныхъ высокихъ широтахъ Индійскаго океана, вода обнаруживаетъ большею частью зеленый (по шк. IV—V) и даже темно- или оливково-мутно-зеленый цвѣтъ. Темно-зеленый цвѣтъ является въ видѣ пятенъ и среди сине-зеленоватыхъ водъ даже въ тропикахъ, мѣстами у береговъ и особенно тамъ, гдѣ воды имѣютъ восходящее движеніе изъ глубины, какъ напр. у юго-западныхъ береговъ Африки.

Въ распредѣленіи цвѣта также, какъ это было указано и для прозрачности водъ, не замѣчается извѣстной закономѣрности или связи съ соленостью и температурою водъ; мѣстами цвѣтъ различный въ разныя времена года, какъ напр. въ области Азорскихъ острововъ, весною болѣе зеленый, а лѣтомъ болѣе синій цвѣтъ. На основаніи имѣющихся данныхъ пока можно только предполагать связь цвѣта съ прозрачностью водъ,

а именно, чѣмъ прозрачнѣе воды, тѣмъ интенсивнѣе ихъ синева, тогда какъ помутнѣніе водъ придаетъ имъ темно-зеленый оттѣнокъ.

Въ Балтійскомъ и Нѣмецкомъ моряхъ, имѣющихъ малую прозрачность, цвѣтъ большею частью мутно-зеленый (по шк. V); въ Средиземномъ морѣ воды прозрачны и имѣютъ темно-синій и синій цвѣтъ (по шк. I), въ Красномъ морѣ большею частью воды сине-зеленоватыя (по шк. II—III) и мѣстами лишь синія.

Для опредѣленія цвѣта водъ пользуются обыкновенно шкалою, данною Форелемъ для наблюденія цвѣта озерныхъ водъ. Для полученія этой шкалы изготовляютъ два раствора: 1) синій, изъ 194 частей дистиллированной воды, 1 части сѣрнокислой соли мѣди и 5 частей амміака и 2) желтый, изъ 199 частей дистиллированной воды и 1 части нейтральной хромокислой соли калія. Затѣмъ наливаютъ въ стеклянныя трубочки смѣси изъ такихъ растворовъ въ различныхъ пропорціяхъ и такимъ образомъ получаютъ шкалу различныхъ переходныхъ цвѣтовъ отъ синяго до зеленовато-желтаго. Сопоставляя такую шкалу съ цвѣтомъ моря, наблюдая послѣдній напр. черезъ канатные клюзы на ходу судна, можно подобрать подходящій для этого цвѣта номеръ шкалы. Крюммель[117]) указалъ, однако, что шкала Фореля *) недостаточна; въ ней нѣтъ оливково-зеленаго, сѣро-зеленаго и молочно-зеленаго оттѣнковъ, встрѣчающихся иногда въ океанѣ, но при всемъ томъ, ради сравнимости наблюденій, шкалою удобнѣе пользоваться, чѣмъ руководствоваться простымъ описаніемъ явленія.

Переходя къ изложенію причинъ явленія цвѣта моря, необходимо замѣтить прежде всего, что особенныя цвѣтныя пятна

---

*) Шкала Фореля состоитъ изъ 11 цвѣтовъ.

№№ шкалы:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Количество синяго раствора:	100%	98	95	91	86	80	73	65	56	46	35
Количество желтаго:	0	2	5	9	14	20	27	35	44	54	65

могутъ быть иногда объяснены накопленіемъ цвѣтныхъ организмовъ. Такъ, на „Gazelle“ замѣчены были полосы зеленаго цвѣта между Новою Зеландіею и островами Фиджи, и по ближайшемъ изслѣдованіи воды въ ней оказалась масса круглыхъ зеленыхъ сальпъ; Дж. Кл. Россъ наблюдалъ вблизи Огненной Земли свѣтло-красный оттѣнокъ и объяснялъ его присутствіемъ въ водѣ множества маленькихъ раковъ. Скоресби наблюдалъ неоднократно въ Гренландскомъ морѣ полосы оливково-зеленоватаго цвѣта и объяснялъ это массою діатомей; Дарвинъ на параллели Вальпарайзо замѣтилъ мутно-красный цвѣтъ воды и по изслѣдованіи послѣдней нашелъ въ ней множество инфузорій, покрытыхъ волосками краснаго цвѣта; тотъ же Дарвинъ наблюдалъ около острововъ Килингъ молочно-бѣлый цвѣтъ воды, и въ послѣдней оказались мельчайшіе организмы бѣлаго цвѣта. Вообще не подлежитъ сомнѣнію, что отъ скопленія нѣкоторыхъ растительныхъ или животныхъ организмовъ морская вода можетъ принимать разнообразные оттѣнки — желтоватый, оливковый, красноватый, молочный и т. п. Нѣкоторыя моря получили даже свое названіе, благодаря особому цвѣту, зависящему отъ скопленія въ нихъ тѣхъ или другихъ животныхъ или водорослей. Такъ, Красное море получило свое названіе по замѣчаемому въ немъ мѣстами красноватому цвѣту, происходящему по мнѣнію Келлера отъ красныхъ медузъ, а по Эренбергу — отъ массы микроскопическихъ водорослей, цвѣтъ которыхъ желтый съ краснымъ и зеленымъ оттѣнкомъ; Калифорнскій заливъ — Багряное море — по пурпуровому цвѣту, происходящему отъ маленькихъ раковъ и крабовъ и т. д. Но всѣ эти особенные цвѣтные оттѣнки распространяются обыкновенно на небольшія пространства, составляя такимъ образомъ мѣстное явленіе.

Если исключить всѣ тѣ случаи, въ которыхъ цвѣтъ воды въ морѣ обусловливается случайными цвѣтными примѣсями, то въ остальныхъ случаяхъ цвѣтъ воды въ морѣ, какъ сказано выше, синій, лазуревый или зеленоватый съ различными пере-

ходными оттѣнками. Отчего происходитъ синева водъ? Имѣетъ ли вода собственный цвѣтъ, или же она принадлежитъ къ безцвѣтнымъ жидкостямъ? Изслѣдуя ближе эти вопросы, мы встрѣчаемъ массу факторовъ, во вліяніи которыхъ не можетъ быть сомнѣнія, но сравнительная ихъ важность еще недостаточно установлена.

Вода дѣйствуетъ совершенно различно на отдѣльные простые лучи солнечнаго спектра, совокупность которыхъ, какъ извѣстно, даетъ бѣлый солнечный лучъ; именно, на красные лучи вода дѣйствуетъ крайне энергично—она ихъ поглощаетъ даже при самомъ тонкомъ слоѣ, другіе же цвѣтные лучи болѣе или менѣе ослабляются *). Доказывается это спектровыми наблюденіями. Соре и Саразенъ, изслѣдуя спектръ поглощенія водою, нашли, что поглощеніе уменьшается сообразно съ преломляемостью лучей, такъ что при достаточной толщинѣ слоя воды красные и желтые лучи болѣе всего ослабѣваютъ, и что граница спектра приближается постепенно отъ краснаго къ оранжевому краю по мѣрѣ увеличенія толщины слоя. Секки показалъ, что свѣтъ отъ погруженной въ воду бѣлой пластинки даетъ спектръ, въ которомъ красные и желтые лучи крайне слабы, тогда какъ остальные оказываются довольно яркими. Интересны въ этомъ отношеніи также опыты Аиткена надъ морскою водою близъ Ментона. Взявъ длинную трубку, въ которой внутреннія стѣнки были зачернены, а нижнее отверстіе было снабжено рефлекторомъ, Аиткенъ погружалъ такую трубку вертикально въ море и замѣтилъ, что вода обнаружила цвѣтъ ярко-синій; погружая затѣмъ въ воду различныя окрашенныя пластинки до извѣстной глубины, онъ нашелъ, что бѣлая пластинка представляется синею, желтая—зеленою, а пурпуровая—фіолетовою и на 2-хъ футахъ глубины темно-синею; слѣдовательно, здѣсь уже всѣ красные лучи оказывались поглощенными.

*) Фіолетовый цвѣтъ (длина волнъ $\lambda = 446—452\ \mu\mu$), проходя черезъ слой 180 ст. дистиллированной воды, удерживаетъ 95,1% первоначальнаго напряженія, зеленый ($\lambda = 523—531$) 92,3%, желтый (593—611) 63,7%, красный (658—671) 49,3% (изслѣдов. Гюфнера и Альбрехта).

По Фолю, погруженные на глубину въ морѣ красные предметы на глубинѣ уже 16 саж. кажутся черными, тогда какъ зеленыя водоросли не мѣняютъ своей видимой окраски.

Фогель показалъ, что въ извѣстномъ гротѣ Капри, получающемъ прямой свѣтъ только черезъ маленькое отверстіе и преломленный черезъ всю толщу водъ, обнаруживается при нѣкоторомъ положеніи солнца голубая окраска; изслѣдуя въ это время свѣтъ, исходящій отъ воды, спектроскопомъ, Фогель нашелъ, что красный цвѣтъ былъ поглощенъ, а желтый ослабѣлъ, такъ что линія D въ спектрѣ была едва видна, но зеленый и голубой части оставались чистыми и на линіи $E—b$ былъ замѣтны полосы слабаго поглощенія.

Ольтманъ, наблюдая воду Балтійскаго моря черезъ трубку 17 м. длиною, нашелъ оба конца спектра поглощенными — красный вполнѣ, но желтый до натріевой линіи слабѣе, а въ части спектра линіи $E—b$ получилась темная полоса поглощенія болѣе сильная, чѣмъ у Фогеля, т. е. въ Балтійской водѣ поглощеніе нѣсколько иное, чѣмъ въ Средиземномъ морѣ, но въ обоихъ моряхъ красный и оранжевый цвѣта быстро исчезаютъ. Такимъ образомъ, при прохожденіи бѣлаго солнечнаго луча черезъ извѣстный слой моря, поглощается сначала красный цвѣтъ, затѣмъ желтый и небольшая часть зеленаго, такъ что чѣмъ толще слой, тѣмъ отраженный свѣтъ болѣе зелено-синій и синій, а чѣмъ тоньше, тѣмъ ранѣе отражается свѣтъ съ желтымъ и краснымъ оттѣнкомъ. Означенное свойство моря однако еще не достаточно для объясненія причинъ синяго цвѣта океанскихъ водъ. Если принять въ основу только одно поглощеніе, то на такой глубинѣ, гдѣ царствуетъ совершенная темнота, всѣ составные лучи должны быть поглощенными, и вода должна бы казаться вполнѣ черною.

Извѣстно, что на глубинахъ 200—300 саж. исчезаетъ уже вліяніе дневного свѣта, но такъ какъ океаны имѣютъ почти въ 10 разъ большую глубину, то здѣсь вода должна бы казаться черною, и мы бы только у береговъ и на отмеляхъ замѣ-

чали нѣкоторую окраску. — На дѣлѣ мы видимъ совершенно другое: самыя глубокія мѣста въ океанахъ отличаются чистымъ синимъ, лазуревымъ цвѣтомъ водъ, тогда какъ въ другихъ мѣстахъ синева смѣняется темно-зеленою, желтовато-зеленою или же коричневою окраскою. Какая же причина такого явленія? Руководствуясь изслѣдованіями Тиндаля надъ цвѣтомъ неба, Сорэ принялъ, что явленіе синевы воды обязано присутствію въ водѣ массы мельчайшихъ твердыхъ частицъ. По опытамъ Тиндаля, въ природѣ нѣтъ абсолютно чистой воды, или, какъ онъ называетъ ее „оптически прозрачной". Всегда вода содержитъ въ себѣ твердыя частицы, хотя бы и столь малыя, что не поддаются даже микроскопическому изслѣдованію. При такихъ условіяхъ дневной свѣтъ не можетъ проникать достаточно глубоко до совершеннаго поглощенія; онъ встрѣчаетъ на пути миріады взвѣшенныхъ частицъ, отъ которыхъ отражается во всѣхъ направленіяхъ, какъ бы отъ микроскопическихъ зеркалъ. Чѣмъ менѣе такихъ частицъ въ водѣ, тѣмъ длиннѣе путь луча, прокладываемый въ водѣ до мѣста отраженія. На этомъ пути поглощаются водою сначала красные, затѣмъ желтые и нѣкоторые зеленые, тогда какъ синіе и голубые почти вовсе не поглощаются, поэтому изъ глубины долженъ отражаться синій цвѣтъ, и чѣмъ оптически прозрачнѣе вода, тѣмъ синій цвѣтъ воды будетъ болѣе интенсивнымъ. Абсолютно чистая вода должна казаться черною. Если же количество твердыхъ частицъ значительно, то свѣтъ не можетъ проникнуть далеко вглубь и принимаетъ оттѣнокъ тѣмъ ближе къ красному, чѣмъ ближе къ поверхности онъ отражается. На банкахъ у прибрежій вода легче и скорѣе засоряется и потому тамъ она зеленая, и чѣмъ мутнѣе вода, тѣмъ она зеленѣе. Свои предположенія о причинахъ синей окраски водъ Сорэ пытался провѣрить опытомъ, есть ли цвѣтъ синихъ водъ поляризованный. Изслѣдованія его надъ водами Женевскаго озера, отличающагося прекраснымъ голубымъ цвѣтомъ, дѣйствительно показали, что въ глубокихъ мѣстахъ озера замѣчается явно поляризація свѣта,

но лишь при ясномъ небѣ. Затѣмъ Гагенбахъ повторилъ подобныя же изслѣдованія на Цюрихскомъ и Люцернскомъ озерахъ и также нашелъ свѣтъ этихъ водъ поляризованнымъ. Изслѣдованія Гагенбаха особенно важны, потому что воды этихъ озеръ зеленыя, а не голубыя, хотя при выпариваніи онѣ не содержатъ въ себѣ никакихъ цвѣтныхъ остатковъ такъ же, какъ и голубыя или синія воды. Въ данномъ случаѣ слѣдовательно явленіе зеленаго цвѣта также обязано свѣторазсѣянію, производимому мельчайшими твердыми частицами, но очевидно, здѣсь свѣторазсѣяніе нѣсколько иначе происходитъ въ зависимости отъ особенной примѣси твердыхъ частицъ — примѣси отличной отъ той, которая обусловливаетъ собою синій или голубой цвѣтъ воды.

Такимъ образомъ, различные цвѣта морскихъ водъ можно объяснить различнымъ разсѣяніемъ, отраженіемъ и поглощеніемъ отдѣльныхъ простыхъ свѣтовыхъ лучей, входящихъ въ составъ бѣлаго солнечнаго свѣта, при чемъ большая или меньшая степень участія означенныхъ оптическихъ агентовъ въ явленіи цвѣта натуральныхъ водъ связана повидимому съ количествомъ и степенью растворенія микроскопическихъ твердыхъ веществъ, находящихся въ взвѣшенномъ состояніи всегда въ натуральной, даже профильтрованной водѣ.

Изложенная гипотеза о причинѣ цвѣта водъ подтверждается бо́льшею прозрачностью въ океанѣ темно-синихъ водъ, но она, однако, не затрогиваетъ самаго важнаго вопроса, а именно, имѣетъ ли вода свой собственный цвѣтъ? Первый изслѣдователь цвѣта водъ, Бунзенъ, нашелъ, что чистая вода не безцвѣтна, а имѣетъ синій оттѣнокъ. Опыты Тиндаля, Сорэ и др. доказывавшіе, что окраска водъ происходитъ отъ измѣненій свойствъ бѣлаго солнечнаго луча вслѣдствіе присутствія въ водахъ, считаемыхъ совершенно чистыми, разныхъ микроскопическихъ безцвѣтныхъ веществъ, давали поводъ сомнѣваться въ вѣрности заключеній Бунзена, тѣмъ болѣе, что вода, употреблявшаяся Бунзеномъ при изслѣдованіяхъ, могла быть не абсо-

лютно чистою. Въ виду этого Шпрингъ предпринялъ въ 1883 году рядъ новыхъ опытовъ[118]), въ которыхъ стеклянная трубка длиною 5 м. наполнялась дистиллированной водою, причемъ принимались всѣ предосторожности, чтобы вода могла считаться химически чистою. Трубка закрывалась сверху и снизу стеклянными крышками, а съ боковъ предохранялась чернымъ футляромъ отъ бокового освѣщенія и затѣмъ помѣщалась перпендикулярно къ окну, снабженному матовымъ стекломъ. Разсматривая воду насквозь въ такой трубкѣ, Шпрингъ нашелъ, что абсолютно чистая вода имѣетъ свой собственный синеватый оттѣнокъ; отстоявшаяся въ теченіе нѣсколькихъ дней въ трубкѣ вода казалась зеленою, что Шпрингъ приписалъ появленію бактерій, такъ какъ послѣ прибавки нѣсколькихъ капель слабаго раствора сулемы вода становилась въ трубкѣ опять синеватою; прибавляя къ водѣ известковый порошокъ, Шпрингъ послѣ отстоя его получалъ зеленоватый оттѣнокъ въ той же водѣ, причемъ обнаруживались различные переходные оттѣнки отъ синяго къ зеленому цвѣту въ зависимости отъ меньшаго или большаго количества растворенной извести.

На основаніи своихъ опытовъ надъ дистиллированною водою Шпрингъ пришелъ къ заключенію, что различные цвѣта, наблюдаемые въ моряхъ, происходятъ отъ сочетанія собственнаго синеватаго цвѣта воды съ отраженнымъ, оттѣнокъ котораго зависитъ отъ большаго или меньшаго количества въ водѣ микроскопическихъ частицъ, находящихся въ состояніи болѣе или менѣе близкомъ къ полному растворенію. Такъ, зеленый цвѣтъ моря Шпрингъ объясняетъ сочетаніемъ собственнаго синяго цвѣта воды съ отраженнымъ желтымъ; при значительномъ количествѣ микроскопическихъ частицъ въ водѣ желтые лучи являются преобладающими въ отраженномъ свѣтѣ, и вода обнаруживаетъ грязно-зеленый или коричневый и бурый оттѣнокъ. Примѣняя опытныя данныя Шпринга къ морской водѣ въ природѣ, надо бы признать тѣсную связь между прозрачностью и цвѣтомъ моря; хотя до извѣстной степени эта связь и замѣ-

чается, но все же не всегда воды того же цвѣта имѣютъ одинаковую прозрачность. Остается не выясненною также связь цвѣта съ соленостью и температурою водъ, хотя въ большинствѣ случаевъ теплыя и болѣе соленыя воды синѣе, чѣмъ холодныя и менѣе соленыя, но встрѣчается и обратно. Казалось бы, болѣе соленыя воды, какъ обладающія большею способностью осаживать муть, должны бы всегда имѣть болѣе синюю окраску *), но наблюденія не обнаруживаютъ такой прямой связи и быть можетъ потому, что эту связь затемняютъ другіе болѣе могущественные факторы, какъ количество планктона, присутствіе мельчайшей пыли, частью въ состояніи механической примѣси, а частью въ извѣстной степени растворенія. Вода, подымающаяся изъ глубинъ у береговъ, имѣетъ зеленый цвѣтъ и у мелкаго прибрежья такой цвѣтъ можетъ быть объясненъ небольшою примѣсью мути со дна, но у глубокихъ прибрежій едва ли возможна такая примѣсь. Въ позднѣйшихъ своихъ изслѣдованіяхъ [119]) Шпрингъ указалъ на значеніе конвекціонныхъ токовъ на отраженіе лучей, подобно взвѣшеннымъ частичкамъ, такъ что воды даже оптически прозрачныя должны отражать при большой глубинѣ моря сами по себѣ синіе лучи, а при небольшой уже примѣси микроскопическихъ частицъ — зеленоватые. Опытъ съ дистиллированною водою въ трубкахъ дѣйствительно показываетъ, что конвекціонные токи уменьшаютъ прозрачность, но вліяютъ ли эти токи также въ морѣ, доказательствъ не имѣется.

Полярные льды.

Классификація и физическія свойства льдовъ. Въ полярныхъ моряхъ большая часть пространства покрыта льдомъ, находящимся почти въ постоянномъ движеніи; частью этотъ ледъ уносится вѣтрами и теченіями въ умѣренныя широты и тамъ таетъ.

Вся масса полярнаго льда составляется главнымъ обра-

*) Вода сильно концентрированная, какъ напр. въ Карабугазѣ, имѣетъ цвѣтъ сине-желтоватый (по шк. Фореля V—VI), причемъ она, какъ выше указано, и мало прозрачна.

зомъ 1) изъ льда отъ замерзанія морской воды и 2) изъ глетчеровъ, спускающихся съ полярныхъ материковъ и острововъ. Перваго рода льды образуютъ ледяныя поля, а второго — ледяныя горы. Кромѣ этихъ льдовъ у прибрежій встрѣчается еще ледъ изъ рѣчныхъ водъ, но количество его сравнительно съ остальными льдами незначительно. Всѣ эти льды различаются между собою какъ по структурѣ, такъ и по физическимъ свойствамъ.

Ледъ изъ морской воды кристаллическій, немного ноздреватъ, въ малыхъ кускахъ прозрачный, но въ большихъ синяго, кобальтоваго цвѣта; въ случаѣ примѣси пыли и песка цвѣтъ его зеленый.

Глетчерный ледъ, состоящій изъ прѣсной воды, обладаетъ особеннымъ свойствомъ слоистости, весьма поздреватъ и прозрачность его незначительная.

Рѣчной ледъ отличается отъ остальныхъ бо́льшею прозрачностью даже въ большихъ кускахъ и большею крѣпостью.

Относительно сравнительной крѣпости морского льда не имѣется достаточно данныхъ. Въ новѣйшее время были сдѣланы опыты вице-адмираломъ Макаровымъ надъ искусственнымъ льдомъ изъ прѣсной и морской воды и надъ льдомъ, взятымъ прямо въ полярномъ морѣ. Изъ этихъ опытовъ А. Н. Крыловъ [120]) пришелъ къ заключенію, что лѣтній полярный ледъ похожъ по крѣпости на искусственный, но вообще прѣсноводный ледъ крѣпче соленоводнаго *). Болѣе детальные выводы оказались

*) Сопротивленіе излому брусковъ льда длиною 6 анг. д., шириною и высотою отъ $2^1/_2$ до $2^1/_{16}$ д.:

	Ломающая нагрузка англ. ф.	Предѣльное сопротивленіе въ англ. фун. на кв. д.
Искусств. прѣснов. ледъ	178—198	168—175
» малосолен. » $\left(s\frac{17,5}{17,5}=1,018\right)$	62—140	58—132
» соленовод. » $\left(s\frac{17,5}{17,5}=1,025\right)$	75—235	39—221
Полярный ледъ	52—227	61—213

невозможными вслѣдствіе малаго числа опытовъ и большого разнообразія чиселъ, полученныхъ изъ опытовъ. Изъ этихъ же опытовъ выяснилось, что при сжатіи раздробленнаго льда соленоводный ледъ сжимался до $\frac{1}{4}$ своей первоначальной величины, а прѣсноводный до $\frac{1}{7}$.

Крѣпость морского льда увеличивается съ пониженіемъ температуры, но въ тоже время уменьшается его гибкость и пластичность; при температурѣ около —2° Ц. морской ледъ настолько пластиченъ, что на немъ пѣшеходы оставляютъ слѣды. Нансенъ указываетъ, что и при температурѣ —20°, —30° Ц. ледъ обладаетъ такою еще пластичностью, что масса его, толщиною болѣе 10 футъ, подъ вліяніемъ горизонтальнаго давленія ложится въ складки.

Удѣльный вѣсъ льда меньше удѣльнаго вѣса морской воды; при 0° принимаютъ его равнымъ 0,917 (въ отношеніи дистилл. воды при 4° Ц.). Изъ наблюденій, произведенныхъ на „Ермакѣ“ подъ командою вице-адмирала Макарова, удѣльный вѣсъ льда отъ ледяныхъ полей, въ предѣлахъ температуръ 0° и —1.3° Ц., колеблется между 0,858 и 0,936. Соотвѣтственно этимъ даннымъ плавучесть льда опредѣляется между $\frac{1}{6}$ и $\frac{1}{15}$.

Отношеніе, однако, высотъ надводной и подводной частей льдинъ зависитъ много отъ формы ея, соленоводности и степени нагрузки ея снѣгомъ, обломками горныхъ породъ и т. п. Ледяныя горы, сопровождаемыя обыкновенно на своей поверхности моренными отложеніями, возвышаются надъ водою $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{9}$ частью всей толщины, тогда какъ ледяныя поля, покрытыя болѣе или менѣе рыхлымъ снѣгомъ, выходятъ изъ воды даже на $\frac{1}{4}$ часть.

Условія и процессы, сопровождающіе образованіе льда въ морѣ. Ледъ въ морѣ образуется при иныхъ условіяхъ, чѣмъ въ прѣсныхъ бассейнахъ. Прѣсная вода замер-

заетъ при 0°, тогда какъ наибольшая плотность ея при +4° Ц., поэтому, при пониженіи температуры отъ 4° до 0° Ц., въ прѣсной водѣ частицы остаются на поверхности, а не погружаются на глубину, какъ это имѣетъ мѣсто при охлажденіи той же воды до +4° Ц. Когда температура прѣсноводнаго бассейна достигаетъ 0°, ничто не препятствуетъ образованію льда. Другое дѣло съ морскою водою.

Температура замерзанія морской воды ниже 0° и доходитъ до —2°, —3° и ниже, въ зависимости отъ солености, и максимумъ плотности наступаетъ при температурахъ, которыя близки къ точкѣ замерзанія и зависятъ также отъ солености. Опыты и наблюденія показываютъ, что при солености меньше 3% температура максимальной плотности еще выше точки замерзанія; но при солености 3% и болѣе температура наибольшей плотности ниже той температуры, при которой происходитъ образованіе льда. Такъ, при обыкновенной океанской солености первая температура ниже —3° Ц., а послѣдняя около —2° Ц. *). Вотъ при такихъ условіяхъ образованіе льда на морѣ представляется уже не такъ легко объяснимымъ, какъ при условіяхъ, когда температура замерзанія ниже температуры наибольшей плотности, такъ какъ частицы, охладившись до температуры замерзанія, все еще имѣютъ стремленіе погружаться на глубину, и это обстоятельство до нѣкоторой степени противодѣйствуетъ замерзанію. Отъ постояннаго погруженія на глубину охлаждающихся частицъ происходитъ то, что на этихъ глубинахъ вода должна имѣть низшую температуру и, слѣдовательно, большее стремленіе къ переходу въ ледъ, чѣмъ вода на поверхности, и такимъ образомъ, казалось бы, ледъ скорѣе можетъ образоваться на днѣ, чѣмъ на поверхности. Образованіе придоннаго льда

*) По Розетти и Карстену:

Соленость въ ‰	1	2	3	4
Темпер. наиб. плотности	+1°,6	—0°,8	—3°,5	—6°,1 Ц.
» замерзанія	—0,7	—1,4	—2,1	—2,6 »

или льда на нѣкоторой глубинѣ и всплытіе его затѣмъ на поверхность можетъ дѣйствительно наблюдаться, хотя этотъ вопросъ далеко не выясненъ, но ледъ все-таки образуется и на поверхности моря и такому образованію способствуетъ въ значительной степени примѣсь на поверхности моря прѣсной воды отъ выпаденія атмосферныхъ осадковъ или отъ притока рѣчныхъ водъ. Такая примѣсь повышаетъ температуру наибольшей плотности морской воды, приближая ея свойства къ свойствамъ прѣсныхъ водъ, и потому облегчаетъ ея замерзаніе. Разъ же образовался ледъ, онъ увеличивается двойнымъ процессомъ, — снизу посредствомъ замерзанія сосѣдней воды и сверху волнами, брызгами и снѣгомъ, попадающими на ледъ. Наростаніе льда снизу будетъ различно, смотря по тому, насколько образовавшійся ледяной покровъ способенъ проводить холодъ къ водѣ; чѣмъ толще и рыхлѣе снѣговой покровъ на льду, тѣмъ теплопроводимость его меньше, между тѣмъ какъ тепловые процессы въ самой водѣ задерживаютъ ея охлажденіе; эти процессы заключаются въ прибыли тепла отъ подводныхъ теплыхъ теченій и отъ скрытой теплоты, выдѣляющейся при образованіи каждаго новаго слоя льда снизу.

При переходѣ морской воды въ ледъ соль выдѣляется только частью; обыкновенно даже въ ледъ попадаетъ много соли, если образуются сразу большія ледяныя массы, такъ что ледъ изъ морской воды представляетъ смѣсь кристалловъ льда и соли, и вода изъ него вообще не годится для питья. Вейпрехтъ нашелъ значительную соленость въ льдѣ, быстро образовавшемся при сильномъ морозѣ, но онъ полагаетъ, что при дальнѣйшемъ медленномъ переходѣ воды въ ледъ подъ льдиною соль вполнѣ выдѣляется. По Петерсону, при замерзаніи образуется, кромѣ твердаго льда, жидкая масса въ родѣ разсола, причемъ обнаруживается разница въ химическомъ составѣ льда и жидкой массы; ледъ богаче сульфатами, а послѣдняя хлоридами. Вице-адмиралъ Макаровъ, изслѣдуя талую воду изъ ледяныхъ полей, находилъ соленость до 7‰, но это рѣдко, боль-

шею же частью 1—2‰. При замерзаніи въ кристаллы льда попадаетъ и воздухъ, причемъ по изслѣдованію Гамберга [121]) процентъ кислорода (24—26%) немного меньше, чѣмъ въ морской водѣ; въ глетчерномъ льдѣ составъ воздуха тотъ же, что и въ атмосферѣ.

Переходъ воды въ ледъ въ морѣ обыкновенно совершается при тихой погодѣ; сначала образуются кристаллики гексагональной системы, которые смерзаются затѣмъ въ небольшіе кусочки. Послѣдніе, нажимаемые вѣтромъ другъ на друга и сцѣпляемые впослѣдствіи морозомъ, переходятъ въ болѣе или менѣе значительныя и толстыя льдины. Въ полярныхъ моряхъ новый ледъ чаще всего образуется подъ берегомъ или у льдовъ, оставшихся отъ прежнихъ лѣтъ.

Ледяныя поля. Большія и толстыя ледяныя массы, образующіяся отъ смерзанія нагроможденныхъ другъ на друга льдинъ, пока находятся въ полярной области, могутъ существовать много лѣтъ, то увеличиваясь зимою, то уменьшаясь лѣтомъ. Тѣ изъ нихъ, которыя простираются въ горизонтальномъ направленіи почти на необозримое пространство, носятъ названіе полей. Ледяныя массы, окружающія земные полюсы на болѣе или менѣе значительномъ пространствѣ въ видѣ непроходимаго для судовъ ледянаго барьера и включающія такимъ образомъ всякаго рода полярные льды, называютъ пакомъ. Такой пакъ вокругъ сѣвернаго полюса можно разсматривать, по Нансену, какъ связную массу льдовъ, находящихся въ постоянномъ движеніи, то смерзающихся между собою, то отрывающихся другъ отъ друга. У внѣшней границы его отдѣляются бурями льдины, спускающіяся въ болѣе низкія широты и извѣстныя подъ именемъ плавучаго льда. Лѣтомъ такія льдины, сталкиваясь между собою и обтирая себѣ края, раздѣляются на мелкіе куски, которые вообще могутъ не препятствовать проходу судна, пока температура еще выше нуля. Съ наступленіемъ морозовъ льдины, нагромождаясь вѣтромъ и волнами другъ на друга, быстро смерзаются, совершенно закрываютъ проходы и

образуютъ такимъ образомъ громадное ледяное поле. Въ теченіе зимы такое поле не остается неподвижнымъ; въ немъ появляются время отъ времени болѣе или менѣе глубокія трещины. Образованіе трещинъ начинается уже раннею осенью, и Вейпрехтъ объясняетъ ихъ большими колебаніями въ температурѣ, такъ какъ разныя мѣста ледяного поля находятся въ разныхъ условіяхъ въ отношеніи вліянія на нихъ температуры; одни мѣста имѣютъ болѣе слабое сцѣпленіе между собою, чѣмъ другія; въ однихъ мѣстахъ снѣгу больше и, слѣдовательно, имѣется лучшая защита отъ вліянія температуры наружнаго воздуха, чѣмъ въ другихъ; нижняя поверхность льда находится въ постоянной температурѣ (около точки замерзанія), а верхняя подвергается колебаніямъ въ десятки градусовъ *). Однако разломъ ледяныхъ полей еще легче объясняется дѣйствіемъ вѣтровъ и приливныхъ волнъ.

Если ледяныя поля подъ вліяніемъ вѣтра и теченій движутся съ различною скоростью или навстрѣчу другъ другу, то они приходятъ въ столкновеніе и съ страшною силою напираютъ другъ на друга. Отъ горизонтальнаго давленія слои льда изгибаются и ложатся въ складки, а затѣмъ въ болѣе хрупкихъ мѣстахъ происходитъ разрывъ ледяныхъ массъ и нагроможденіе другъ на друга.

Вотъ какъ Нансенъ описываетъ напоръ ледяныхъ массъ [122]) во время плаванія на „Фрамѣ“. „Когда начинается сильный напоръ льдовъ, кажется, что нѣтъ мѣста на земной поверхности, которое бы осталось безъ сотрясенія. Сначала среди обширной пустыни слышится слабый шумъ, какъ будто громовой раскатъ отдаленнаго землетрясенія, затѣмъ этотъ шумъ приближается и слышится уже во многихъ мѣстахъ. Ледъ начинаетъ кругомъ трескаться, ломаться, громоздиться .... Отовсюду слышится грохотъ, и ясно чувствуется, что ледъ реветъ и дрожитъ подъ ногами. Въ полумракѣ можно различить, какъ ледъ громоз-

*) По измѣреніямъ на «Фрамѣ» самая низкая температура льда въ мартѣ и апрѣлѣ, на глубинѣ 0,8 м. —30° Ц., на глубинѣ 1,2 м. —16° Ц.

дится въ высокіе холмы, надвигающіеся все ближе и ближе; глыбы толщиною до 10—16 футъ (3—5 м.) трескаются и подбрасываются одна на другую, какъ будто онѣ также легки, какъ перья .... Но волненіе скоро успокаивается, грохотъ постепенно утихаетъ и замираетъ вдали".

Такой же напоръ льдовъ можетъ обусловливаться по Нансену и дѣйствіемъ приливныхъ волнъ, исходящихъ отъ открытыхъ частей океановъ. Въ подобныхъ случаяхъ напоръ льдовъ повторяется ежедневно по два раза съ большою правильностью и бываетъ особенно великъ въ дни сизигіи, но это явленіе встрѣчается преимущественно осенью и въ мѣстахъ близкихъ къ открытому океану, тогда какъ въ зимнее время среди мощныхъ льдовъ главную роль играетъ вѣтеръ. Давленіе и напоръ льдовъ образуютъ цѣлые кряжи холмовъ, расходящихся въ разныхъ направленіяхъ сообразно линіи взломовъ. На сѣверѣ Сибири эти холмы извѣстны подъ именемъ торосовъ. Высота ихъ вдали отъ береговъ не бываетъ по Нансену болѣе 26 футъ (8 м.). Извѣстный нашъ полярный путешественникъ баронъ Врангель наблюдалъ высоту торосовъ въ разстояніи слишкомъ 130 верстъ отъ Сибирскаго прибрежья до 100 футъ. Еще большую высоту (до 150 ф.) ледяныхъ громадъ, происшедшихъ, очевидно, отъ многолѣтнихъ накопленій, наблюдалъ Нэрсъ при выходѣ изъ канала Робезона, на сѣверѣ Гренландіи, и назвалъ ихъ флюбергами, т. е. морскими ледяными горами, въ отличіе отъ ледяныхъ горъ материковаго происхожденія.

Присутствіе торосовъ на ледяныхъ поляхъ дѣлаетъ путешествіе по нимъ крайне труднымъ. Съ наступленіемъ лѣта начинается таяніе льда и въ самомъ полярномъ бассейнѣ, но чрезвычайно медленное, и въ началѣ процессъ таянія распространяется преимущественно на снѣжный покровъ полей и только съ исчезновеніемъ этого покрова таяніе идетъ быстрѣе. Отъ таянія снѣга образуются прѣсноводныя лужи и даже довольно глубокія озера; по одному изъ такихъ озеръ Нансенъ катался въ серединѣ іюля на лодкѣ подъ парусами. Ледяныя поля раз-

Чер. 249. Дрейфъ «Фрама» во льдахъ 9/21 іюля 1894 г.

дѣляются преимущественно въ мѣстахъ зимнихъ трещинъ, появляется цѣлая система каналовъ (чер. 249), измѣняющихъ свои размѣры при перемѣнѣ вѣтра и приливныхъ теченій; ледяныя массы при встрѣчѣ между собою легко раздробляются на меньшія поля, а торосы, будучи уже значительно разслаблены согрѣвающими лучами солнца, разсыпаются. Однако многіе торосы продолжаютъ существовать и лѣтомъ (чер. 250), и даже образуются иногда новые отъ столкновенія болѣе крѣпкихъ льдинъ.

Краткость лѣтняго времени составляетъ причину того, что образовавшійся зимою ледъ можетъ не растаять весь лѣтомъ, а часть его остается и на слѣдующую зиму; впрочемъ это вѣроятно не всегда такъ бываетъ, иначе мы замѣчали бы изъ года въ годъ постепенное увеличеніе льдовъ въ полярныхъ моряхъ. Но обзоръ полярныхъ экспедицій, начиная съ XVI-го столѣтія и по наше время, не даетъ пока права намъ заключать о значительномъ наростаніи льдовъ въ полярныхъ моряхъ. На основаніи этихъ экспедицій мы можемъ лишь констатировать, что количество и мощность льдовъ колеблется — въ одни годы его больше, въ другіе меньше. Вѣроятно бываютъ года, когда зимы болѣе умѣренныя не даютъ особенно много льда, тѣмъ болѣе, что при образованіи льда частью выдѣляющаяся соль затрудняетъ и препятствуетъ дальнѣйшему замерзанію поверхности моря, теплое же лѣто способствуетъ таянію большихъ массъ льда, такъ что въ иные годы лѣтомъ можетъ растаять даже больше льда, чѣмъ то количество, которое образовалось въ предшествующую зиму. Но болѣе всего предѣлъ наростанія льдовъ въ полярныхъ странахъ обусловленъ притокомъ теплыхъ экваторіальныхъ водъ къ полюсамъ и стокомъ холодныхъ полярныхъ водъ вмѣстѣ со льдами въ низшія широты.

Относительно размѣровъ ледяныхъ полей имѣются разныя показанія, что вполнѣ и понятно. Одинъ разъ наблюдали поля, какъ результатъ накопленія многихъ льдинъ, а другой разъ — поля, происшедшія только отъ замерзанія поверхности моря. Напр., Хисъ видѣлъ въ Смитовомъ каналѣ ледяное поле высо-

Чер. 250. Плавучій ледъ лѣтомъ на крайнемъ сѣверѣ (9/21 іюля 1894 г.; изъ плаванія «Фрама»).

тою надъ поверхностью моря около 19 футъ — поле было длиною 6 англ. миль и шириною 4 мили съ крайне неровною поверхностью, высшія точки которой по краямъ возвышались слишкомъ на 100 футъ. Безъ сомнѣнія такой толщины поля могли произойти только путемъ нагроможденія льдинъ. Толщина же льда, образующагося въ теченіе одной зимы отъ замерзанія поверхностной воды, достигаетъ по наблюденіямъ полярныхъ изслѣдователей не болѣе 8 ф. ($2^1/_2$ м.), причемъ большая или меньшая толщина льда обусловливается не только низшей или высшей зимнею температурою, но также и мѣстными гидрографическими и метеорологическими условіями. Кольдевей наблюдалъ у острова Сабина (1869—70 г.), при средней зимней температурѣ —16° Ц. и полномъ вліяніи холоднаго теченія, толщину льда въ маѣ около 7 футъ (2 метра), тогда какъ Норденшельдъ (1878—79 г.) у Сердца-Камень, гдѣ не замѣчается холоднаго теченія, при средней зимней температурѣ —18° Ц. отмѣтилъ въ концѣ мая толщину льда 5 ф. ($1^1/_2$ м.). Толщина льда обыкновенно быстрѣе увеличивается при началѣ его образованія, чѣмъ въ послѣдующіе моменты *). Увеличеніе толщины льда въ зависимости отъ хода температуры пытался опредѣлить впервые Вейпрехтъ, наблюдая черезъ извѣстные промежутки времени толщину льда и сопоставляя ее съ суммою среднихъ ежедневныхъ температуръ за предшествующее время **).

---

*) Теоретическимъ путемъ Стефанъ нашелъ, что толщина льда пропорціональна квадратному корню изъ времени замерзанія.

**) Изъ такихъ сопоставленій получается слѣдующее увеличеніе толщины льда на каждые 500° R. (отъ 500° до 5000° R.) за зиму, при чемъ при — 500° толщина льда была 0,63 м..

Когда сумма температуръ равна:

—1000 —1500 —2000 —2500 —3000 —3500 —4000 —4500 —5000,

то толщина льда достигаетъ (въ метр.)

0,92 1,15 1,36 1,52 1,67 1,79 1,91 2,01 2,11

(увеличеніе на 500° =

+0,29 +0,23 +0,21 +0,16 +0,15 +0,12 +0,12 +0,10 +0,10)

Такъ какъ возрастаніе толщины становилось все меньше и меньше, то изъ этого Вейпрехтъ заключаетъ, что какъ бы низка ни была средняя зимняя температура въ арктическомъ поясѣ, ледъ образовавшійся за зиму можетъ достигнуть только 7—8 фут. толщины. Наблюденія того же Вейпрехта надъ уменьшеніемъ льда за лѣтніе мѣсяцы, во время пребыванія его на „Тегетгоффѣ“, даютъ уменьшеніе льда за іюнь — августъ около 5 футъ у мыса Вильчека, т. е. въ пунктѣ, гдѣ лѣтняя температура оказывается сравнительно низкою. Такимъ образомъ количество льда, тающаго за лѣтнее время, немного отличается отъ количества образующагося за зиму.

Нансенъ во время плаванія на „Фрамѣ“ производилъ измѣренія толщины льда, и эти измѣренія показали, что ледъ, образовавшійся осенью, увеличивался въ продолженіе всей зимы и весны, но тѣмъ медленнѣе, чѣмъ онъ становился толще; наибольшей толщины ледъ достигалъ въ іюлѣ *), несмотря на постоянное таяніе сверху ежедневно по нѣсколько сантиметровъ. Такое постоянное увеличеніе толщины льда и лѣтомъ Нансенъ объясняетъ тѣмъ, что прѣсная вода, происходящая отъ таянія снѣга, попадая подъ ледъ, гдѣ температура была около —1°,5 Ц. замерзала и тѣмъ увеличивала толщину льда снизу.

Такимъ образомъ подъ вліяніемъ одного мороза и по наблюденіямъ Нансена ледъ не достигаетъ мощности болѣе 9 ф., и всѣ тѣ льдины, которыя отличаются большою мощностью, происходятъ очевидно отъ нагроможденія глыбъ другъ на друга и послѣдующаго ихъ сцѣпленія морозомъ въ одну связную массу. Такъ, напр., буреніемъ было констатировано, что льдина, на которой плавалъ „Фрамъ“, имѣла толщину около 20 футъ,

*) Толщина льда измѣрена:

10 апрѣля	2,31 м.	10 августа	1,94 м.
5 мая	2,45 »	22 »	1,86 »
9 іюня	2,58 »	12 октября	1,80 »
4 іюля	2,57 »	11 декабря	2,11 »
10 »	2,76 »	3 января	2,32 »
23 »	2,23 »	6 февраля	2,59 »

но подъ нею на глубинѣ 33 футъ оказался опять ледъ, толщина котораго не была однако измѣрена.

Въ антарктическихъ водахъ, въ противоположность арктическимъ, плавучій ледъ состоитъ преимущественно изъ обломковъ ледяныхъ горъ, тогда какъ ледяныя поля морского происхожденія встрѣчаются сравнительно рѣдко. Причиною такой разницы въ характеристикѣ плавучихъ льдовъ арктическихъ и антарктическихъ надо считать вполнѣ океаническій характеръ Ю. Полярнаго бассейна.

Ледяныя горы образуются изъ ледниковъ или глетчеровъ, спускающихся съ полярныхъ континентовъ. Подобно тому какъ въ умѣренныхъ широтахъ, тамъ, гдѣ на вершинахъ горъ вѣчный снѣгъ, образуются глетчеры и затѣмъ спускаются по склонамъ долинъ, такъ и на полярныхъ материкахъ, гдѣ линія вѣчнаго снѣга лежитъ близко къ уровню моря, образуются ледники, но здѣсь они исходятъ изъ материковаго льда и, при движеніи своемъ доходя до берега моря и выдвигаясь подъ давленіемъ вышележащихъ ледяныхъ массъ въ море все дальше и дальше, наконецъ отдѣляются отъ дна. Тогда часть, отдѣлившаяся отъ дна, будучи легче воды, приподнимается кверху водою, обламывается, и этотъ обломокъ всплываетъ на поверхность въ видѣ ледяной горы. Процессъ отдѣленія ледяной горы сопровождается страшнымъ трескомъ,—англичане сравниваютъ внезапное всплытіе ледяной горы на поверхность съ теленкомъ морской коровы, также внезапно появляющимся на поверхность моря, и потому говорятъ, что льдина отелилась, а у Сибирскихъ моряковъ процессъ этотъ называется ощенѣніемъ.

Главное мѣсторожденіе ледяныхъ горъ на сѣверѣ — это фіорды Гренландіи, но небольшія ледяныя горы спускаются и со Шпицбергена, Земли Франца-Іосифа и сѣверной части Новой Земли. На югѣ ледяныя горы являются преобладающею формою льдовъ, и тамъ онѣ исходятъ главнымъ образомъ изъ Антарктиды, края которой оканчиваются настоящею ледяною стѣною, возвышающейся надъ моремъ до 150—200 ф. Вдоль

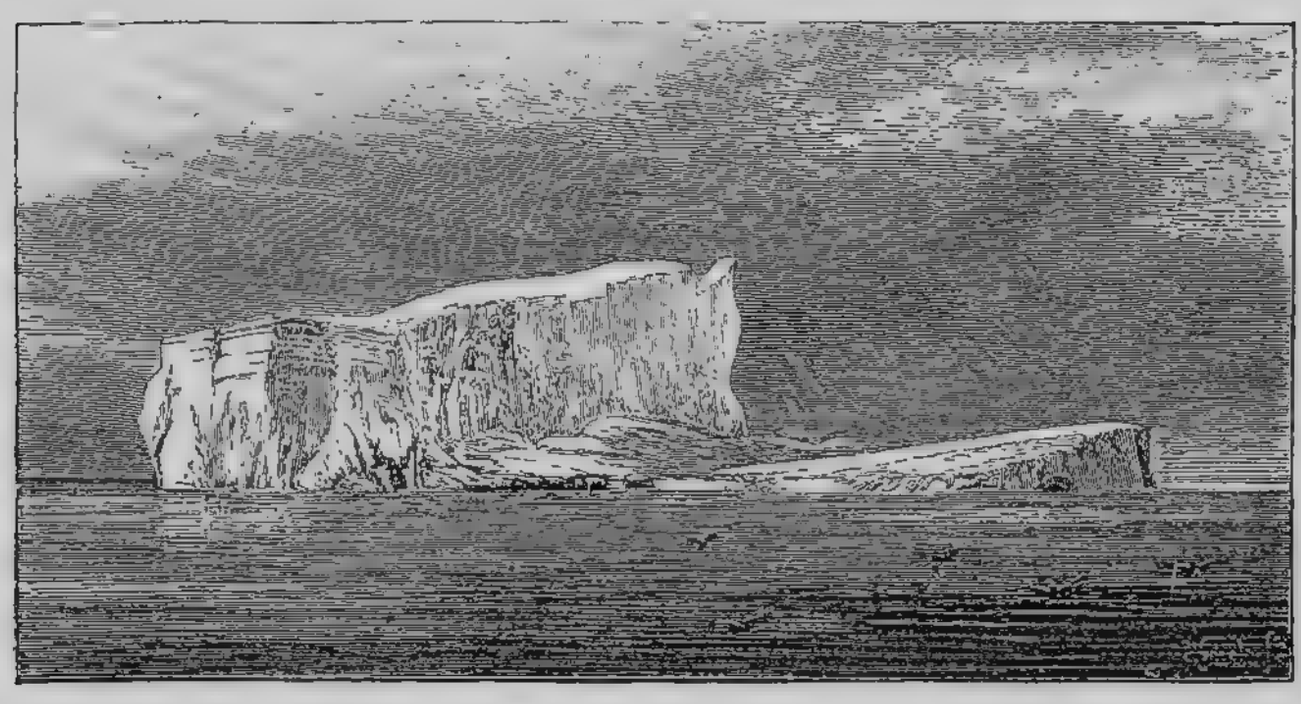
такой стѣны Дж. Россъ прошелъ почти 400 миль (чер. 251). Размѣры антарктическихъ ледяныхъ горъ также больше, чѣмъ арктическихъ. Россъ наблюдалъ антарктическія ледяныя горы вышиною до 1000 ф. (300 м.) надъ водою, но на „Challenger'ѣ“ измѣряли высоту горъ не болѣе 250 ф. (76 м.). Въ арктическомъ поясѣ ледяныя горы не встрѣчались выше 150—200 ф. Ледяныя горы подвергаются въ теченіе года подобнымъ же метаморфозамъ, какъ и ледяныя поля. Растаявшая на

Чер. 251. Ледяная стѣна въ антарктическомъ океанѣ (78°15′ юж. ш.) по Дж. Россу.

поверхности подъ вліяніемъ солнца вода попадаетъ въ щели и трещины горъ и по мѣрѣ того, какъ она проникаетъ все глубже и глубже, она охлаждается и замерзаетъ, отчего объемъ ея вдругъ увеличивается и производитъ новыя трещины въ горѣ, сопровождающіяся большимъ трескомъ и шумомъ. Отъ такихъ трещинъ подводная часть горы иногда разваливается; изъ глубины снова выступаетъ соотвѣтственной высоты часть, подвергается подобнымъ же процессамъ и т. д.

Измѣненіе надводной части горъ обусловливается дѣйствіемъ солнца, вѣтра, тумана и дождя, отчего и внѣшняя форма

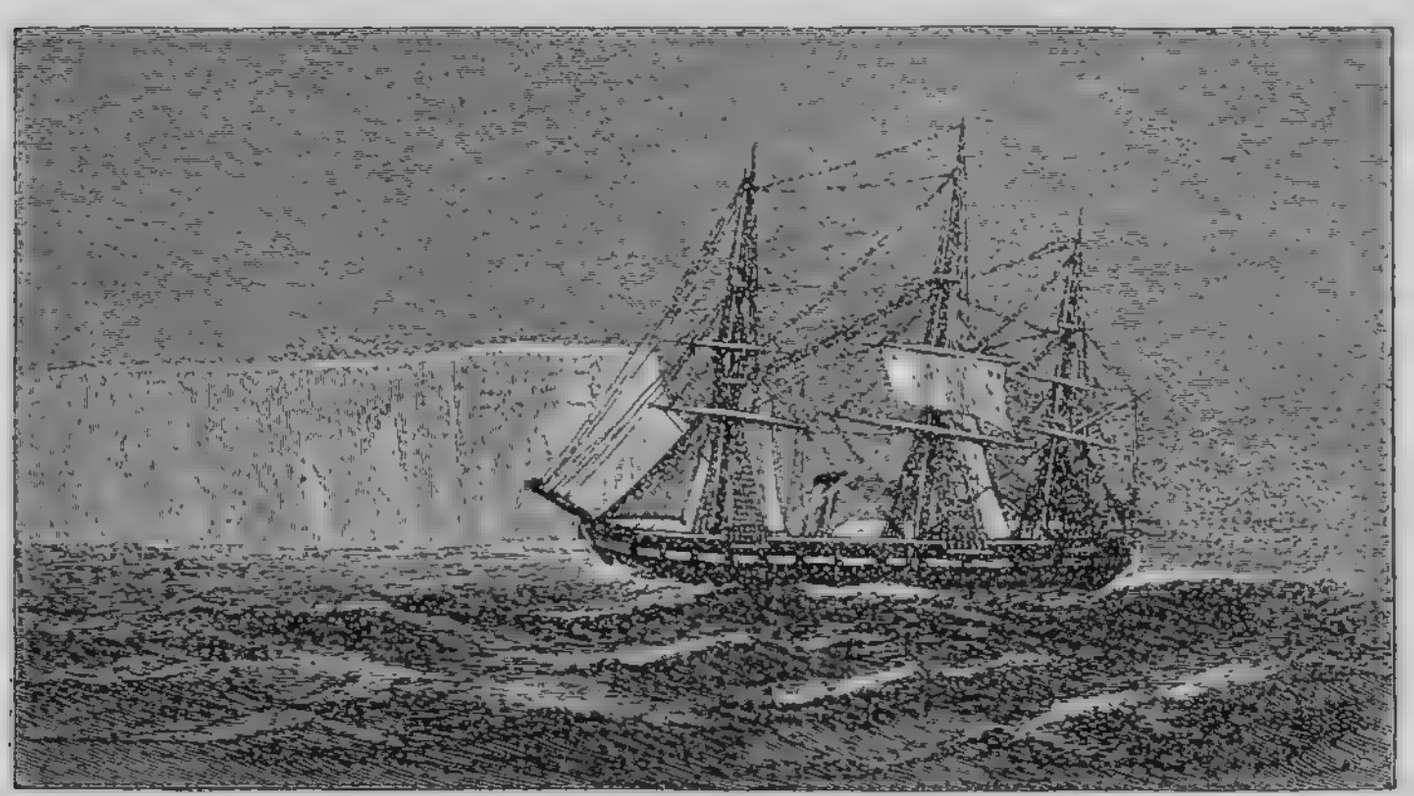
ихъ бываетъ крайне разнообразна и причудлива (чер. 252—253); то онѣ имѣютъ видъ громадныхъ глыбъ, съ обѣихъ или по крайней мѣрѣ съ одной стороны рѣзко, почти отвѣсно усѣченныхъ, то онѣ зазубрены, остроконечны и разнообразно расщеплены. Въ антарктическомъ поясѣ однако весьма часто горы имѣютъ форму призматоидъ съ отвѣсными боками (чер. 254). Въ измѣненныхъ съ теченіемъ времени горахъ часто можно видѣть ходы, ведущіе во внутрь большихъ пе-



Чер. 252. Ледяная гора, встрѣченная Challenger'омъ 9/21 февр. 1874 г. (около 180 ф. высоты).

щеръ, ряды сводовъ, арокъ и т. п. (чер. 255). Иззубренныя горы признаются полярными мореплавателями самыми опасными. Сотрясеніе воздуха, произведенное ружейнымъ выстрѣломъ, можетъ опрокинуть любой, отвѣсно стоящій столбъ ледяной горы и этимъ нарушить равновѣсіе всей ледяной глыбы; послѣдствіемъ этого бываетъ неравномѣрное качательное движеніе горы; качаясь же, она начинаетъ отбрасывать во всѣ стороны обломки и иногда совершенно разрушается. Часто гора опрокидывается, перевертываясь по нѣсколько разъ, пока не дости-

гнетъ устойчиваго равновѣсія. Гренландцы, хорошо зная опасность опрокинутія ледяныхъ горъ, обходятъ ихъ всегда молча, боясь шумомъ опрокинуть гору. Отъ развалившейся ледяной горы обломки съ наступленіемъ морозовъ смерзаются и вмѣстѣ съ другими глыбами льда служатъ для образованія ледянаго поля. Такимъ образомъ ледяная гора часто переходитъ съ теченіемъ времени въ ледяное поле, и даже принимаютъ, что это



Чер. 253. «Challenger» у ледявой горы 12/24 февр. 1874 г. (моментъ паденія снѣга).

участь каждой ледяной горы, а такъ какъ въ то же время часть горъ уносится въ умѣренныя широты, то этимъ и объясняютъ, почему въ высшихъ широтахъ не замѣчаютъ возрастающаго накопленія ледяныхъ горъ.

Выносъ льдовъ въ умѣренный поясъ. Выше сказано, что, повидимому, существуетъ предѣлъ накопленію льдовъ въ полярныхъ моряхъ, и что этотъ предѣлъ обусловливается существованіемъ полярныхъ теченій, уносящихъ льды изъ полярныхъ въ умѣ-

ренныя широты, гдѣ они постепенно и таютъ. Такого рода теченіе отъ сѣвера къ югу прежде всего мы замѣчаемъ вдоль восточнаго берега Гренландіи, куда изъ года въ годъ нагоняется непроходимый ледъ; весною этотъ ледъ занимаетъ все простран-

Чер. 254. Антарктическія ледяныя горы (по Challenger'у).

ство отъ Гренландіи до сѣв. оконечности Шпицбергена, но лѣтомъ часть льда отгоняется и между льдомъ у Гренландіи и Шпицбергеномъ очищается проходъ. Въ то же время и ледъ, запирающій восточное прибрежье Гренландіи, уносится вышеозначеннымъ теченіемъ къ южной оконечности Гренландіи.

Существованіе сильнаго потока къ югу вдоль восточнаго берега Гренландіи доказано многими судами, которыя были запираемы въ этихъ мѣстахъ льдами и вмѣстѣ съ послѣдними уносились по теченію. Но особенно поучительнымъ въ этомъ случаѣ представляется плаваніе экипажа „Ганзы“ на льдинѣ въ 1869—70 г. Этотъ экипажъ, послѣ того какъ судно его потерпѣло крушеніе подъ 70°52′ с. ш. и 21° зап. долг., перебрался на ледяное поле (50 футъ толщины и нѣсколько верстъ въ діа-

Чер. 255. Ледяная гора, видѣнная Challanger'омъ 11/23 февр. 1874 г.

метрѣ); съ этою льдиной они понеслись къ SW, иногда дѣлая по 10 миль въ сутки, и послѣ 200 дней невольнаго плаванія достигли уже 61°21′ с. ш. и 42° зап. долг. вблизи южной оконечности Гренландіи, т. е. сдѣлавъ, благодаря теченію, почти 1000 миль въ SW направленіи. Также сильное полярное теченіе выходитъ изъ Баффинова залива и изъ проливовъ американскаго арктическаго архипелага и несетъ на югъ съ собою льды. Дрейфъ остатковъ „Жаннеты“ и „Фрама“ со льдами, отъ меридіана Ново-Сибирскихъ острововъ и Таймырскаго полуострова въ направленіи къ Гренландіи, доказываетъ, что и

въ этой части Сѣв. Полярнаго бассейна существуетъ теченіе, уносящее льды къ Гренландіи. Сколько однако льдовъ выносится этими теченіями, исчислить трудно, такъ какъ скорость теченій въ различные годы различна. Если принять по Бусену среднюю скорость восточно-Гренландскаго теченія изъ Баффинова залива 4 мили въ сутки, то ежегодно этими теченіями можетъ уноситься до 41000 кв. г. миль ледяной площади (по вычисленіямъ Богуславскаго) изъ арктическихъ странъ въ болѣе южныя и теплыя моря.

Граница льдовъ. Предѣлъ распространенія плавучихъ льдовъ, также какъ и граница пака, обусловливается, главнымъ образомъ, теченіями и вѣтрами, при чемъ наблюденія показываютъ, что въ общемъ границы льда зависятъ преимущественно отъ теченій моря, но въ отдѣльныхъ мѣстахъ вліяніе вѣтра оказывается иногда преобладающимъ. Очертаніе береговъ также имѣетъ вліяніе на состояніе около него льда. Особенно характернымъ представляется тотъ фактъ, что восточные берега сѣверныхъ полярныхъ континентовъ представляются болѣе неблагопріятными для свободнаго плаванія, чѣмъ западные. Такъ, по восточному берегу Земли Франца-Іосифа, Шпицбергена, Гренландіи и многихъ острововъ американскаго арктическаго архипелага почти всегда встрѣчается ледъ, и замѣчательно, что вмѣстѣ съ тѣмъ и материковые потоки наблюдаются въ преобладающемъ количествѣ у западныхъ береговъ. Вообще же условія льдовъ въ разныхъ мѣстахъ полярныхъ странъ и въ разное время весьма различны; въ однихъ мѣстахъ появленіе льдовъ подвержено большой неправильности, въ другихъ же замѣчается нѣкоторое постоянство изъ года въ годъ. Напр., вдоль западныхъ береговъ Шпицбергена ежегодно можно пройти до параллели 80° с. ш.; рѣже уже бываетъ свободенъ до той же широты Баффиновъ заливъ; въ Карскомъ морѣ въ одни года проходъ свободенъ, въ другіе же очищается только на короткое время или даже вовсе бываетъ запертъ. Такимъ образомъ граница арктическаго льда весьма неопредѣленна и,

конечно, можетъ быть дана только приблизительно и то для лѣтняго времени. Весною граница (кар. 1) льда, примыкающаго къ паку, идетъ почти отъ параллели 50° с. ш. вдоль береговъ Лабрадора и распространяется южнѣе м. Фаравеля почти на 50 миль. Отсюда она идетъ опять къ N вдоль восточнаго берега Гренландіи и сѣвернаго Исландіи, затѣмъ поворачиваетъ понемногу на востокъ и, проходя восточнѣе Янъ-Майена, достигаетъ Медвѣжьяго острова, откуда доходитъ до Калгуева, захватывая Бѣлое море. Въ началѣ лѣта южный берегъ Шпицбергена также запертъ льдами, но западный берегъ въ большинствѣ случаевъ уже свободенъ отъ льдовъ; отъ Шпицбергена граница льдовъ идетъ тогда къ Новой Землѣ болѣе или менѣе зигзагами, затѣмъ иногда и вдоль западнаго берега Новой Земли почти до выхода изъ Бѣлаго моря. Въ теченіе лѣта указанная граница льдовъ перемѣщается къ N и въ августѣ, преимущественно во второй половинѣ, ледяной, почти непроходимый для судовъ, поясъ имѣетъ наиболѣе сѣверное положеніе; по западному берегу Гренландіи и Шпицбергена льды отодвигаются почти за параллель 80° с. ш., тогда какъ въ Баренсовомъ морѣ большею частью не выше 78°—79° с. ш., а въ иные года и не выше 75° с. ш. Напр., въ 1871 г. ледяной поясъ ограничивался здѣсь параллелью 78° с. ш., но въ слѣдующемъ 1872 г. ледъ уже простирался до 75° с. ш. Также, въ теченіе 1878—81 г., граница льда почти не спускалась ниже 76° с. ш., въ 1882 году она доходила до 75°, а въ 1884 даже до $73\frac{1}{2}$° с. ш. Съ 1899 г. Датскій метеорологическій институтъ публикуетъ [123]) ежегодно карты состоянія льдовъ въ лѣтніе мѣсяцы и, судя по нимъ, за послѣдніе годы замѣчались тѣже колебанія — въ 1899 и 1902 г. ледъ встрѣчался въ августѣ уже въ шир. 77°, а въ 1900 и 1901 гг. можно было пройти безъ льда почти за параллель 80 с. ш. Причины такой разницы въ условіяхъ льдовъ въ разные года по Вейпрехту заключаются не въ различіи температурныхъ условій соотвѣтственныхъ годовъ, но въ характерѣ вѣтровъ и

теченій, какъ въ данномъ мѣстѣ, такъ и во всей арктической области. Граница плавучаго льда можетъ встрѣтиться и южнѣе указанныхъ широтъ, особенно въ Баффиновомъ заливѣ, въ западной его части.

Ледяныя горы спускаются южнѣе, чѣмъ ледяныя поля, но онѣ преимущественно встрѣчаются въ области Лабрадорскаго теченія, съ которымъ онѣ въ большомъ количествѣ доходятъ до Ньюфаундленда и даже до шир. 38°, попадая въ Гольфстримъ; въ этихъ мѣстахъ особенно много ледяныхъ горъ можно встрѣтить въ маѣ и началѣ іюня. Приближеніе здѣсь льдовъ опредѣляютъ по температурѣ воздуха и воды — быстрое паденіе температуръ (почти до 0°) означаетъ всегда близкое сосѣдство льдовъ.

Условія льдовъ въ антарктическомъ поясѣ далеко менѣе извѣстны, чѣмъ въ арктическомъ. Въ немъ, какъ выше упомянуто, ледяныя поля встрѣчаются рѣже, чѣмъ на сѣверѣ, и преобладаютъ ледяныя горы, которыя несутся далеко на сѣверъ къ экватору. Граница плавучаго (кар. 2) льда въ южномъ Атлантическомъ океанѣ доходитъ до параллели 52°—40° ю. ш. и даже сѣвернѣе, а у мыса Горна 60°, въ южномъ Тихомъ океанѣ до 52°—55°, и до 62° на меридіанѣ Новой Зеландіи, а въ Индійскомъ между 38°—50° ю. ш. и у Кергеленскихъ острововъ 60°; вблизи мыса Доброй Надежды встрѣчались ледяныя горы и на 34° ю. ш. Граница пака совпадаетъ большею частью съ южнымъ полярнымъ кругомъ. Почему въ южномъ Атлантическомъ океанѣ граница льдовъ лежитъ выше, чѣмъ въ остальныхъ океанахъ, объясняется большею здѣсь близостью мѣсторожденій ледяныхъ горъ. Такъ, по Неймайеру, ледяныя горы южнаго Атлантическаго океана большею частью образуются на Землѣ Грагама и южныхъ Шётландскихъ островахъ и отсюда онѣ дрейфовымъ теченіемъ и господствующими W вѣтрами гонятся въ низшія широты.

Указатель литературы и примѣчанія къ I-му и II-му отдѣламъ.

1) Для составленія геологическаго отдѣла послужили слѣдующіе курсы:

Мушкетова, И. В.: Физическая геологія. Первое изд. 1888—91 гг., а второе 1900 г. только 1-ый томъ съ подробнымъ указателемъ литературы.

Неймайера: Исторія земли. 2 тома, перев. съ нѣм. подъ редак. проф. Иностранцева. 1898 г.

Лагузина: Краткій курсъ палеонтологіи. 3 выпуска 1895—97 гг.

Циттеля: Первобытный міръ. Перев. подъ ред. проф. Иностранцева. 1873 г.

A. de Lapparent: Traité de Géologie. Paris 1893.

Независимо отъ этихъ изданій, изъ которыхъ заимствованы и многіе чертежи, я пользовался еще въ отдѣльныхъ вопросахъ показанными ниже сочиненіями и статьями.

2) Гипотеза Лапласа, изложенная имъ въ брош. «Exposition du système du monde, 1796» (перев. на русск. яз. Хотинскаго съ 3-го изд. 1808 г.), была видоизмѣнена нѣсколько франц. астрономомъ Рошомъ (Essai sur la constitution du système solaire 1875. A. Roche).

По этому вопросу см. «Космогоническія гипотезы», соч. Вольфа, астронома Парижской Обсерваторіи, перевед. на русск. яз. д-ромъ философіи М. Филипповымъ, 1899 г. Также, исторія развитія міровъ Мейера въ его соч. «Мірозданіе», перев. подъ редакціею проф. Глазенапа 1898 г., стр. 652. Въ этомъ же сочиненіи Мейера изложены и физическое строеніе небесныхъ тѣлъ и постепенное ихъ развитіе.

3) Faye, Sur l'origine du monde. Paris 1885. Основныя черты гипотезы Фэя астрономъ Вольфъ (см. выше «Космогоническія гипотезы» Вольфа) резюмируетъ слѣдующимъ образомъ. Въ самомъ началѣ вселенная наполнена хаотическою матеріею, обладающею въ состояніи потенціальной энергіи всѣми прошлыми и будущими энергіями этой вселенной. Подъ вліяніемъ взаимнаго притяженія частицъ матеріи хаосъ раздѣляется на множество туманностей, съ вихреобразными и поступательными движеніями, прогрессивное сгущеніе которыхъ производитъ звѣздныя и планетныя системы. Въ нѣдрахъ туманностей образуются кольца, участвующія въ общемъ вращеніи, большею частью неправильныя и дающія начало спиральнымъ кольцеобразнымъ туманностямъ.

Въ частномъ случаѣ образованія сферической и однородной туманности, какъ солнечная система, съ медленнымъ вихревымъ движеніемъ, лишь частью захватывающемъ массу, получаются кольца, почти точно

въ плоскости экватора, вращающіяся въ одномъ и томъ же направленіи вокругъ центра тяжести и сгущающіяся постепенно въ планеты; центральная сила притяженія въ такой туманности — внутренняя, дѣйствующая по закону прямой пропорціональности разстоянія; частицы, не вошедшія во вращательное движеніе, падаютъ къ центру туманности и постепенно образовываютъ центральное сгущеніе, зародышъ будущаго солнца, принимающее то же вращеніе что и кольца. При образованіи центральнаго сгущенія, солнца, масса котораго превосходила оставшуюся туманность, началось преобладаніе центральной внѣшней силы по закону обратно пропорціонально квадрату разстоянія, и послѣднія планеты получили обратное вращеніе. Такою перемѣною закона силъ притяженія вслѣдствіе образованія солнца Фэй объясняетъ разницу во вращеніи планетъ Меркурія, Венеры, Земли, Марса, Юпитера и Сатурна, образовавшихся по Фэю ранѣе солнца, отъ вращенія Урана и Нептуна, происшедшихъ послѣ образованія солнца. Введеніе этого принципа перемѣны силы и составляетъ почти главную суть гипотезы Фэя.

4) Гранитъ есть общее названіе кристаллическо-зернистыхъ породъ, наиболѣе богатыхъ кремнекислотою (составъ: ортоклазъ, кварцъ и примѣсь слюды, роговой обманки и авгита). Происхожденіе гранитовъ не достаточно еще выяснено; нѣкоторые изъ нихъ могли произойти повидимому отъ метаморфическихъ процессовъ изъ глинистыхъ сланцевъ или известняковъ или даже отложились изъ водныхъ растворовъ. Большинство геологовъ того мнѣнія, что гранитъ произошелъ отъ кристаллизаціи изверженной огнежидкой массы, въ присутствіи паровъ воды и другихъ и подъ значительнымъ давленіемъ.

Порфиры отличаются отъ гранитовъ только сложеніемъ, обнаруживая рѣзко выступающіе изъ основной массы различной величины кристаллы тѣхъ же составныхъ частей, что и вся масса.

5) Guide des excursions du VII Congrès geologique internationale. St.-Petersbourg 1897. Въ этомъ путеводителѣ можно найти краткія свѣдѣнія о геологическихъ формаціяхъ всѣхъ главнѣйшихъ областей Россіи.

6) Вычисленія У. Томсона (см. Handbuch der theoretischen Physik, Thomson. Tait. стр. 434) были сдѣланы въ 1862 году на основаніи данныхъ: 1) лучеиспусканія земли, 2) замедленія суточнаго вращенія земли вокругъ оси вслѣдствіе тренія приливной волны и 3) лучеиспусканія солнца. Въ 1897 г. Томсонъ высказалъ, что предѣлъ для возраста земли вѣроятнѣе считать между 20 и 40 мил. лѣтъ и наиболѣе вѣроятный въ 24 мил. лѣтъ. Поводомъ къ этому послужили между прочимъ новыя изслѣдованія Ланглея надъ лучеиспусканіемъ солнца, по которымъ это лучеиспусканіе оказалось больше принимавшагося ранѣе въ 1,7 разъ, почему и для сокращенія размѣровъ солнца отъ размѣровъ орбиты Нептуна до настоящихъ получается около 12 мил. лѣтъ. Оцѣнка геологовъ для возраста геологическихъ періодовъ варьируетъ между 20 и 300 мил. лѣтъ, т. е. ближе къ прежнимъ Томсоновскимъ вычисленіямъ.

7) Memoires de l'Academie Imperiale de Sciences de St.-Petersbourg. T. XXX. 1882. № 1, стр. 58—59.

8) Происхожденіе каменнаго угля отъ растительныхъ остатковъ, именно наземныхъ, доказывается вполнѣ однородностью химическаго состава различныхъ углей съ свѣжей древесиною; какъ тѣ, такъ и по-

слѣдняя, состоятъ главнымъ образомъ изъ углерода, водорода, кислорода и азота въ различныхъ между собою пропорціяхъ. Переходъ отъ свѣжей древесины къ каменному углю совершается путемъ истлѣванія растеній при прекращеніи доступа кислорода воздуха, отчего происходитъ постепенное обугливаніе растеній, т. е. обогащеніе ихъ углеродомъ и обѣднѣніе водородомъ и кислородомъ. Изъ самого процесса происхожденія угля слѣдуетъ, что его образованіе могло происходить во всѣ періоды, имѣвшіе наземную растительность. Со степенью обугливанія, слѣдовательно, съ продолжительностью между прочимъ процесса, связаны вообще различные сорта угля, начиная отъ торфа до антрацита. Торфъ представляетъ собою наименѣе измѣненную болотную растительность и относится большею частью къ современнымъ отложеніямъ; отъ него мало отличается сланцеватый уголь диллювія, а отъ послѣдняго переходъ уже незначителенъ къ бурому углю третичнаго періода, имѣющему много разновидностей (50—77% углерода); дальнѣйшую стадію обугливанія представляетъ каменный уголь мезозойскаго и палеозойскаго періодовъ съ антрацитомъ, обнаруживающимъ уже высшую степень процентнаго содержанія углерода (88—98%) и наибольшую теплопроизводительность. Размѣры залежей угля обнаруживаютъ большія колебанія; каменноугольный періодъ отличается отъ позднѣйшихъ періодовъ въ отношеніи угленосности тѣмъ, что въ немъ уголь наблюдается на бо́льшемъ пространствѣ и въ большемъ количествѣ пластовъ, чѣмъ въ другихъ, особенно чѣмъ въ третичныхъ отложеніяхъ (характ. бурый уголь), но по мощности пластовъ онъ уступаетъ остальнымъ.

9) «Жизнь моря», Келлера, перев. Шмидта. Спб. 1897, стр. 409—411.

10) Правильныя наблюденія надъ температурою почвы производятся теперь во многихъ мѣстахъ, но почти вездѣ до глубины, не превышающей 10 футъ. Въ Брюсселѣ Беккерель производилъ наблюденія до глубины 118 ф. см. Annales du bureau central meteorologique de France. 1878. B. 2. и C. 3. Observations de temperatures faites au museum d'histoire naturelle pendant les années 1877—78 (avec des thermometres électriques, placés à des profondeurs de là 36 m. sous le sol). Изъ этихъ наблюденій видно, что на глубинѣ 100 ф. температура еще измѣняется въ предѣлахъ 0°,1 Ц., а на глубинѣ 118 ф. годовая амплитуда менѣе 0°,1 Ц.

Въ Явѣ колебаніе температуры на глубинѣ, см. Meteorologische Zeitschrift 1895, стр. 66; на глубинѣ около 4 ф. амплитуда 0°,3 Ц.

Ячевскій. О вѣчно мерзлой почвѣ въ Сибири. Изв. И. Р. Г. Об. Т. XXV.

11) Geographische Zeitschrift 1896, стр. 49 и Метеорологич. Вѣстникъ 1897 г., стр. 180.

12) Метеоролог. Вѣстникъ 1897 г., стр. 528.

13) Въ Якутскѣ купцомъ Шергинымъ вырытъ въ 1837 г. колодезь до глубины 54,6 саж., оказавшійся весь въ слоѣ мерзлой почвы; по измѣреніямъ Миддендорфа въ 1844—46 гг. температура на днѣ колодца была —3° Ц. и на глубинѣ 14,2 саж. —6°,5 Ц., такъ что геотерм. градусъ = 11,5 саж. См. Reise in den äussersten Norden u. Osten Sibiriens. B. 1. Th. 1, стр. 110—132.

14) Handbuch der theoretischen Physik, W. Thomson und Tait. Braunschweig 1871, стр. 405—418.

15) Astronomische Nachrichten CXXX, 1—6 Newcomb. Philosoph. Mag. XXXVIII, 1894, 218 Rudzki.

16) Первая попытка опредѣлить плотность земли, измѣряя отклоняющее дѣйствіе горы Чимборасо, принадлежитъ Бугеру въ 1738 г. Изъ его наблюденій Сежеи вывелъ плотность земли 5,1. Подобный же способъ опредѣленія Джемса въ 1856 г. близъ Эдинбурга далъ 5,3. Опредѣленія помощью наблюденій качанія маятника на вершинѣ и у подошвы горъ, впервые примѣненныя въ 1823 г. Карлини на Монъ Сени и въ Бордо, дали плотность земли 4,95. Въ 1880 г. Менденголь опредѣлилъ въ Токіо по горѣ Фушія 5.77. Престонъ на Гавайскихъ о-вахъ по горѣ Галекала 5,67. Въ 1894 г. наблюденія у подножія Пайксъ-Пика въ Колорадо 5,63. Изъ наблюденій Эри (1856 г.) въ шахтѣ въ Гартонѣ Гюттонъ вычислилъ 5,48; Штернекъ въ шахтѣ въ Пржибрамѣ—5,77.

Помощью крутильныхъ вѣсовъ Кулона вычисленія плотности земли дали:

Кавендиша въ 1798 г.	5,48
Рейха въ 1837 г. въ Фрейбургѣ .	5,49 и въ 1847—50 г.—5,58
Байльи въ Лондонѣ.	5,67
Корню и Байля.	5,56
Бойса (1894 г.).	5,53
Вильзинга въ 1889 г.	5,58

Путемъ взвѣшиваній Жолли вывелъ среднюю плотность земли 5,69, а Пойтингъ — 5,49.

Сопоставляя всѣ приведенныя вычисленія, получается средняя плотность земли по наблюденіямъ на горахъ и въ шахтахъ качаній маятника 5,67, помощью крутильныхъ вѣсовъ 5,58, а помощью обыкновеннаго взвѣшиванія 5,59. Наиболѣе вѣроятною плотностью земли считаютъ 5,58 Гаркнесъ и 5,60—Гельмертъ, т. е. круглымъ числомъ 5,6.

17) Тутковскій, П. Къ вопросу о механизмѣ образованія слоистыхъ вулкановъ. Кіевъ. 1893 г.

18) Suess, E. Das Antlitz der Erde. Wien, 1888—1901 г., 2 т., стр. 257, 677.

19) По литературѣ землетрясеній въ Россіи укажемъ слѣдующія:

Мушкетова и Орлова: Каталогъ землетрясеній Россійской Имперіи Зап. Имп. Рус. Геогр. О-ва. XXVI т.

Труды Геологич. Комитета, т. X, № 1: Вѣрненское землетрясеніе 27 мая 1887 г.

Изъ инструкцій:

Мушкетова. Землетрясенія, ихъ характеръ и способы наблюденій. Изв. Имп. Рус. Геогр. Общ., т. XXV.

Въ 1900 г. образована при Импер. Академіи Наукъ сейсмическая комиссія для организаціи наблюденій и собиранія матеріаловъ по землетрясенію. Комиссія печатаетъ свои труды въ особомъ изданіи Импер. Академіи Наукъ: «Извѣстія постоянной центральной сейсмической комиссіи».

20) Кн. Массальскій. Овраги черноземной полосы Россіи. Спб. 1897 г.

21) Баронъ Ф. Врангель. Выдѣленіе рѣчныхъ осадковъ въ морѣ. Записки по Гидрографіи. XXI вып. 1899 г., стр. 107—108.

22) Пущинъ. Каспійское море. Спб. 1877 г., стр. 234.

23) Литерат. о ледникахъ Кавказа:

Россикова: Новѣйшія изслѣдованія ледниковъ Кавказа, см. Guide etc. № 5, т. XXIII и XXVIII.

Михайловскаго: Горныя группы и ледники центральнаго Кавказа. Землевѣд. 1894 г., кн. I.

По инструкціи:

Мушкетова. Краткая программа для наблюденій ледниковъ Россіи. Изв. Имп. Русск. Геогр. Общ., т. XXVIII, вып. 2.

24) Описаніе путешествія Нансена черезъ Гренландію вышло въ двухъ изданіяхъ: 2-ое изд. «The First Crossing of Greenland» by F. Nansen. London. 1895.

Экспедиція Пири, см. литер. къ введенію прим. 12.

25) Drygalski. Grönland-Expedition der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. 1891—93. Berlin. 1897.

26) Механич. теорія движенія ледника см. De Marchi и Finsterwalder. Geographisches Jahrbuch XIII B. 1900. Gotha.

27) Баронъ Э. Толль: Ископаемые ледники Ново-Сибирскихъ о-вовъ и т. д. Записки Импер. Рус. Геогр. Общ., т. XXXII, № 1, 1897 г.

28) Литература о ледниковыхъ періодахъ:

Adhèmar. Les revolution de la mer. (Перев. на рус. яз. Спб. 1861 г.).

J. Croll. Climate and time in their geological relations etc. Edinburgh 1885.

S. Arrhenius. a) Les oscillations seculaires de la temperature à la surface terrestre. Revue générale de sciences 15 mai 1899.

b) Ueber den Einfluss der atmosph. Kohlensäure auf die Temperatur des Erdoberfläches. См. Geographisches Jahrbuch. B. XX. 1897.

c) On the influence of carbonic acid of the vis on temperature. Philos. Mag. 1896.

N. Ekholm. On the variations of climat of the geological and historical past and their causes. Journ. Roy. Meteorol. Soc. 1901.

А. И. Воейкова. Климат. условія ледниковыхъ явленій. Зап. Имп. Минер. Общ. 1881 г. Колебанія и измѣненія климатовъ. Изв. Имп. Рус. Геогр. Общ. 1894 г.

29) H. Wagner. Areal und mittlere Erhebung der Landflächen, sowie der Erdkruste. Beiträge zur Geophysik. Prof. Gerland. B. II, H. 2, 1895.

30) Lapparent, Traité de Géologie, p. 1582.—1891.

31) Изв. Имп. Рус. Геогр. Общ., т. XXIV, 1888 г.

32) Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume v. Krümmel. Leipzig. 1879.

33) Мет. Вѣстн. 1895, стр. 285.

34) Saigey. Petite physique du Globe. 1842.

Leipoldt. Ueber die Erhebung des Meerespiegels an den Festlandküsten. Verhandlungen des 6 deutschen Geographentages zu Dresden. 1886.

35) G. C. Stokes. On the Variations of Gravity at the surface of the Earth. Transact. of the Philos. Soc. of Cambridge. Vol. VIII. 1849.

36) Fischer. Untersuchungen über die Gestalt der Erde, Darmstadt. 1868.

H. Bruns. Die Figur der Erde. Berlin. 1878.

37) J. B. Listing. Neue geom. und dynamische Konstanten des Erdkörpers. Götting. Nachrichten. 1877.

Р. Э. Ленцъ. Зап. Имп. Рус. Геогр. Общ., т. 8. 1879.

38) Н. Я. Цингеръ. Сообщ. въ Изв. Имп. Рус. Геогр. Общ., 1887 г., вып. 2. Его же: Курсъ высшей геодезіи, стр. 168—174.

39) Faye. Sur les variations seculaires de la figure mathematique de la terre. Compt. Rendus. 1880, 1886.

40) Горный журналъ 1887 г., пер. ст. Лаппарана.

41) Messerschmitt. Annalen der Hydrogr. u. Marit. Meteor. 1900. H. XII.

42) Helmert. Die Schwerkraft im Hochgebirge. Berlin. 1890. Neure Fortschritte in der Erkenntniss der mathematischen Erdgestalt. Vortrag am 7 intern. Geograph. Kongress. Berlin. 1899.

43) Sur le zero international des altitudes. Comptes Rendus 1890, № 25. Также Записки по Гидрографіи 1890 г., вып. 3-ій, стр. 53.

44) Verhandlungen der 12 allgemeinen Konferenz der internationalen Erdmessung. Stuttgart. 1898. P. G. Rosen., стр. 452; тамъ же для Индіи стр. 380 и для Соед. Шт. Сѣв. Америки стр. 438.

45) Рыльке. Каталогъ высотъ русской нивеллировочной сѣти Спб. 1894 г.

46) VIII Съѣздъ русскихъ естествоиспытателей и врачей. Спб. 1890, стр. 2, отд. 8.

47) Записки по Гидрографіи 1888 г., вып. 3-ій: Система теченій въ Сѣв. Европейскомъ морѣ, изслѣдованія Мона. Пер. Барона Врангеля соч. H. Mohn. Nordhavets Dybder, Temperatur og strömminger. 1887 Christiania. О томъ же замѣтка А. Тилло въ Зап. по Гидр. 1889 г., вып. 1, стр. 199.

48) Записки по Гидр. 1888 г., вып. 3-ій, стр. 62. Средній уровень моря около Кронштадта. П. Салтыкова.

49) Das Mittelwasser des Ostsee bei Swinemünde. Berlin. 1890. Veröffentlichung des Königl. Preussischen geodätischen. Institutes.

50) Колебанія уровня и температуры въ береговой полосѣ Чернаго и Азовскаго морей. Проф. Клоссовскаго. Зап. по Гидрогр. 1890 г., вып. 2-ой.

51) Brückner, Annal. d. Hydrographie u. marit. Meteorologie. 1888. H. II.

52) Изв. Имп. Рус. Геогр. Общ., 1888 г., вып. III. Объ уровнѣ Балтійскаго моря. Полковника Михайлова.

53) Изв. Имп. Рус. Геогр. Общ., 1889 г., вып. V. Изслѣдованія надъ поднятіемъ береговъ Финляндіи. А. Р. Бонсдорфа.

54) Матеріалы къ вопросу объ отрицат. движеніи берега въ Бѣломъ морѣ и на Мурманск. берегу. В. Фауссека. Изв. Имп. Рус. Геогр. Общ. т. XXV, 1891 г.

55) Описаніе нѣкоторыхъ системъ мареографовъ можно найти въ Annalen der Hydrographie u. maritimen Meteorologie 1886 г., Запискахъ по Гидрографіи, вып. XIX—XXI, въ сочин. Рыльке упомянутомъ выше подъ № 45.

56) Морской Сборникъ. 1860. № 8.

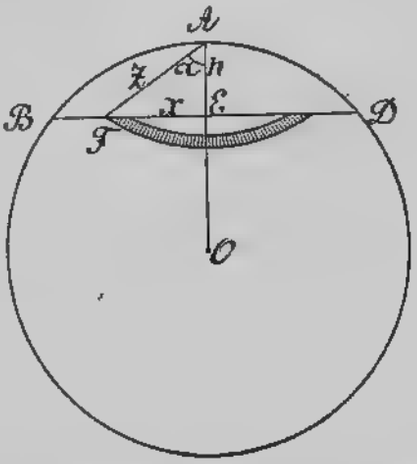
56) Приведемъ здѣсь элементарныя соображенія, на основаніи которыхъ былъ построенъ аппаратъ, показывающій связь между глубиною моря и притяженіемъ. Разсмотримъ притяженіе отсѣка BAD (чер.) высотою $AE = h$. Для этого возьмемъ прежде кольцеобразный элементъ радіусомъ $= x$, шириною $= dx$ и высотою $= dh$, тогда масса dM, принимая плотность за единицу, будетъ:

$$dM = 2\pi x.\, dx.\, dh,$$

обозначивъ черезъ α уголъ $EAFAo = R$ и $Z = AF$, получимъ $x = h.\, tg\,\alpha$;

$$dx = \frac{h}{\cos^2\alpha} \cdot d\alpha \text{ такъ что}$$

$$dM = \frac{2\pi h^2 tg\alpha}{\cos^2\alpha}\, dh\, d\alpha.$$



Притяженіе каждой точки этого кольцеобразнаго элемента на единицу массы въ A обратно пропорціонально квадрату разстоянія. Разложивъ это притяженіе на составляющія параллельно радіусу земли AO и параллельно радіусу кольца FE, то при симметричномъ распредѣленіи пластовъ, относительно AO, всѣ горизонтально составляющія взаимно уравновѣсятся и общее притяженіе кольца будетъ сумма вертикальныхъ составляющихъ. Если все притяженіе кольца dP, то притяженіе вертикальныхъ составляющихъ будетъ $dP_1 = dP.\cos\alpha$ и такъ какъ оно пропорціонально массѣ и обратно пропорціонально Z^2, то будетъ:

$$d^2P = \frac{dM}{Z^2}, \text{ слѣдовательно:}$$

$$d^2P_1 = \frac{dM\cos\alpha}{Z^2} = \frac{2\pi h^2 tg\alpha\,.\,d\alpha\,.\,dh\,.\cos\alpha}{Z^2\cos^2\alpha}$$

$$\text{но } Z = \frac{h}{\cos\alpha}, \quad Z^2 = \frac{h^2}{\cos^2\alpha}$$

$$\text{то: } d^2P_1 = \frac{2\pi h^2 tg\alpha\,.\,d\alpha\,.\,dh\,.\cos\alpha}{h^2}$$

$$\text{и по сокращеніи: } d^2P_1 = 2\pi \sin\alpha\, d\alpha\, dh.$$

Для полученія притяженія всего слоя $BFED$ нужно интегрировать между предѣлами $\alpha = o$ и $\alpha = \alpha_0$, а для полученія притяженія отсѣка BAD интегрировать между предѣлами $h = o$ и $h = h$. Тогда:

$$d^2P_1 = \int_0^h \int_0^\alpha 2\pi \sin\alpha\, d\alpha\, dh$$

$$dP_1 = \int_0^h 2\pi\, dh\,(1 - \cos\alpha_0) = \int_0^h 2\pi\, dh \left(1 - \sqrt{\frac{h}{2R}}\right)$$

такъ какъ

$$Z_0^2 = h \,.\, 2R = \frac{h^2}{\cos^2\alpha}\,,\ \text{слѣд.:}\ \cos\alpha = \sqrt{\frac{h}{2R}}$$

интегрируя второй разъ, получимъ:

$$P_1 = 2\pi h\left(1 - \frac{2}{3}\sqrt{\frac{h}{2R}}\right).$$

Если для малыхъ величинъ h пренебречь членомъ $\sqrt{\frac{h}{2R}}$, то получимъ:

$$P_1 = 2\pi h.$$

Общее притяженіе земли, принимая ея поверхность за единицу, будетъ:

$$P = {}^4/_3\,\frac{\pi R^3}{R^2} = {}^4/_3\,\pi R$$

слѣдовательно:

$$\frac{P_1}{P} = \frac{2\pi h}{{}^4/_3\,\pi R} = \frac{2h}{{}^4/_3\,R} = \frac{h}{{}^2/_3\,R}$$

$$\text{и}\quad P_1 = \frac{h}{{}^2/_3\,R}\cdot P$$

Пусть δ_1—плотность слоя BAD, V_1 — его удѣльный вѣсъ, δ_2—плотность и V_2 — удѣльный вѣсъ воды, то, если точка A на материкѣ, будетъ

$$P_1' = 2\pi h\delta_1.$$

Если же A въ океанѣ, то:

$$P_1'' = 2\pi h\delta_2,$$

слѣдовательно:

$$P_1' - P_1'' = 2\pi h\,(\delta_1 - \delta_2)$$

$$\Delta P = 2\pi h\delta_1\left(1 - \frac{\delta_2}{\delta_1}\right) = P_1'\left(1 - \frac{\delta_2}{\delta_1}\right);\ \Delta P = \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right)P_1',$$

$$\text{но}\ V_1 = 2{,}763$$

$$V_2 = 1{,}026;$$

$$\Delta P = \left(\frac{2{,}763 - 1{,}026}{2{,}763}\right)P_1'$$

$$P = \frac{h}{1{,}06\,R}\,P$$

$$\Delta P = \frac{1{,}737}{2{,}763}\,P_1 = \frac{1{,}737}{2{,}763}\,\frac{h}{{}^2/_3\,R}\,P = \frac{h}{1{,}06\,R}\,P,$$

т. е. измѣненіе въ силѣ тяжести при переходѣ отъ точки на берегу къ точкѣ океана съ глубиной h пропорціонально глубинѣ. Здѣсь же мы видимъ, какова величина ΔP; въ самомъ дѣлѣ h въ сравненіи съ R величина очень маленькая, такъ что дробь $\frac{h}{1{,}06\,R}$ представитъ милліонныя доли P.

58) Морской Сборникъ 1866 г. № 9.
» » 1869 г. № 3.
и испытаніе лота 1864 г. № 8.
» » 1866 г. № 2, 7, 9.
» » 1868 г. № 9.

59) Результаты промѣровъ съ 1889 г. печатаются ежегодно Гидрогр. Департ. Англ. Адмир. подъ заглавіемъ: List of oceanic depths and serial temperature observations.

60) Chart of North polar regions, compiled from latest sources, including Dr. Nansen's data, by J. Bartholomew. (The Scottish Geographical Magazine. 1897, p. 225). На этой картѣ показано, что не достали дна на глубинѣ 2870 саж., но такъ какъ въ этомъ мѣстѣ нѣтъ ни одного точнаго измѣренія глубины болѣе 1000 саж., то вышеупомянутая глубина представляется пока сомнительною.

61) Annal. d. Hydrogr. u. Marit. Meteor. H. VI, 1899 г., стр. 275.

62) The Scottish Geographical Magazine. 1888, p. 13—19. Данныя Меррея не исправлены новѣйшими промѣрами, но разница отъ такой поправки едва ли превзойдетъ десятыя доли процента, что для нашихъ выводовъ и для вида батиграфической кривой не имѣетъ значенія.

63) См. прим. 32 и Krümmel. «Der Ocean» Leipzig und Prag. 1886.

64) Traité de géologie. 1883. Lapparent. 2-ое изд.

65) Scottish Geographical Magazine. 1888. J. Murray. (On the height of the land and the depth of the ocean).

Penck и Supan — Petermann's Mitteilungen. 1889. (Die mittlere Höhe des Landes und die mittlere Tiefe des Meeres), стр. 17.

Тилло — Изв. Имп. Рус. Геогр. Общ. 1889 г., вып. 2.

Heiderich. — Die mittleren Erhebungsverhältnisse der Erdoberflache. Wien. 1891.

Penk — Morphologie der Erdoberfläche. Stuttgart. 1894, стр. 141.

Karstens. — Eine neue Berechnung der mittleren Tiefen der Oceane. Kiel und Leipzig. 1894.

Wagner. — Выше прим. 29.

66) Основы Физической Географіи Зупана. Перев. Анучина. 1900, стр. 225.

67) Köppen. Ueber das Verhältniss der Temperatur des Wassers und der Luft an der Oberfläche des Oceans. Annal. d. Hydrogr: u. Marit. Meteorol. 1890, стр. 445.

68) Къ стр. 448. Mazelle. Verdunstung des Merreswassers und Süsswassers. Annal. d. Hydr. u. Marit. Meteor. 1899. H. IX, стр. 469. Опыты Мацелле показываютъ, что испареніе уменьшается съ увеличеніемъ солености.

Къ стр. 450. Выводы Бухана въ Report on atmospheric circulation (Physik and chemistry, Challenger, Vol. II, part V, 1889).

69) Стат. Клоссовскаго указан. въ прим. 50.

70) Прим. 22. Каспійское море и т. д., стр. 253.

71) По вопросу о годовомъ колебаніи температуръ въ океанахъ статьи:

a) Schott. Die jährliche Temperaturschwankung des Oceanwassers (Pet. Mit. 1895, VII, p. 153).

б) Murray. On the annual range of temperature in the surface waters of the ocean and its relation to other oceanographical phenomena (The Geograph. Journal. 1898, p. 114).

72) Proceeding. Roy. Soc. 1875.

73) Матеріалы по гидрологіи Мраморнаго моря. Зап. Имп. Рус. Геогр. Общ.. т. XXXIII, № 2, 1896 г.

Относительно Чернаго моря см. Изв. Имп. Рус. Геогр. Общ., т. XXVIII Вып. 1, 1892 г., стр. 48.

74) Книповичъ. Экспедиція для научно промысловыхъ изслѣдованій у береговъ Мурмана. Т. 1, 1902 г., стр. 520.

75) Köppen. Jahres-Isothermen und- Isanomalen des Meeresoberfläche. (Annal. d. Hydr. und Marit. Meteor. 1898. S. 356). Важнѣйшія изд. общихъ сводокъ наблюденій по температурѣ океановъ:

a) Deutsche Seewarte (Гамбургской обсерваторіи):

(1) Atlantischer Ocean, въ атласѣ — изотермы дна и для глубинъ 800—1200 м., годовыя изотермы и для временъ года на поверхности океана (изд. 1882 г.); въ 1902 г. вышло 2-ое изд. исправленное.

(2) Indischer Ocean, въ атласѣ—изотермы поверхности въ февр., маѣ, августѣ и ноябрѣ (изд. 1891 г.).

(3) Stiller Ocean, въ атласѣ—изотермы для глубинъ 400 и 1000 метр. и для поверхности въ февр., маѣ, авг. и ноябрѣ (изд. 1896 г.).

(4) Resultate meteor. Beobachtungen von deutsch. und holländ. Schiffen für Eingradfelders Atlant. Oceans:

въ изд.	1880 г.	области	50°—40° сѣв. ш.
»	»	»	20°—10° зап. д.
»	1881 г.	»	50°—30° сѣв. ш.
»	»	»	30°—20° зап. д.

б) Britisch Meteorol. Council u. Meteorol. Office, London:

(1) Pilots Charts — изотермы поверхн. всѣхъ трехъ океановъ въ февр., маѣ, авг. и ноябрѣ (изд. 1884 г.).

(2) Meteorol. Charts for the Ocean district adjacent to the Cap of Good Hope, 30°—50° s. lat., 10—40° W. long. (изд. 1882 г.).

(3) Meteor. Charts of the Portion of the Indian ocean, adjacent to Cap Guardafui and Ras Hafun (изд. 1891 г.).

(4) Meteorol. Charts of the Red sea (изд. 1895 г.).

(5) Meteorol. Charts of the southern ocean between the Cap of Good Hope and New Zealand (изд. 1899 г.).

в) Neederland. Instituut (Мет. инст. въ Утрехтѣ):

(1) Temperatuur van het zeewater aan de Norder Atlant. Océan, 30—52° lat. N, 0°—50° long. W. (изд. 1872 г.).

(2) Atlas samengestald uit de meteor. Waarnemingen van het schoonership «W. Barents» 1878—84 (изд. 1887 г.).

(3) Stroomen en Temperatuur aan de Oppervlakte in den Golf van Aden en den Indischen Oceaan bis Kaap Guardafui (изд. 1888 г.).

(4) Waarnemingen in den Indischen Oceaan Dec.—Febr. (изд. 1889 г.), Mar—Mai (изд. 1893 г.).

г) Hydrof. Office, Washington:

Meteorol. Charts of North Pacific Ocean (изд. 1878 г.).

Сверхъ того укажемъ еще: на атласъ Берггауза, изд. 1888 г. — въ которомъ даны между прочимъ изотермы поверхности океановъ—Атлант. (заимств. изъ атл. Deutsche Seewarte), Индійскаго и Тихаго (заимств. изъ изд. Meteorol. Council) за годъ и въ февр. и августѣ и температуры дна.

См. Крюммеля въ Zeitschr. für Wissenschaftliche Geographie. B. VI. 1888, гдѣ имѣются изотермы поверх. ок. для февр. и августа.

См. Шотта въ Peter. Mit. 1891 г., стр. 209, гдѣ даны изотермы года, февр., авг. для зап. ч. Тихаго ок. Вице-Адм. Макарова «Витязь и Тихій океанъ». 1894 г. — температуры и изотермы Тихаго ок.;

и Mohn. Nordhavets, Dybder, Temperatur og Strömingen. Christiania. 1887. Данныя для С. Ледовитаго океана.

Наконецъ, укажемъ новѣйшую работу Шотта: температуры для поверхности и для глубинъ Атлантическаго и Индійскаго ок. (получена уже мною по отпечатаніи главы о температурѣ) въ Wissenschaftliche Ergebnisse der deutschen Tiefsee-Expedition auf dem Dampfer «Valdivia» 1898—99. Jena. 1902.

76) Данныя для графиковъ Атлантическаго, Тихаго и Индійскаго океана взяты изъ соч. «Основы физической географіи» Зупана пер. Анучина, стр. 288. Для Сѣв. Ледовитаго океана вычислены среднія температуры глубинъ (въ шир. сѣв. 65°—70° въ пунктахъ, гдѣ глубина болѣе 1000 саж.), по даннымъ Норвежской экспедиціи Мона (Mohn, Nordhavets Dybder, Temperatur og Strommінger).

77) Для Атлантическаго океана изотермы на глубинахъ 200 и 550 саж. приведены на основаніи наблюденій экспедицій Challenger'a, Gazelle и отдѣльныхъ наблюденій судовъ: Waterwitch 1894 г., Rambler 1895 г., 1898—99 гг., Egeria 1895 г. и Research 1900 г. Для Тихаго океана изотермы для 400 м. и 1000 м. имѣются въ изданіи Гамбургской Обсерваторіи (Deutsche Seewarte) «Stiller Ocean, Atlas» 1896 г. Такъ какъ 400 м.= 219 саж., а измѣненіе температуры слоѣ 200—300 саж. при увеличеніи глубины на 19 саж. составляетъ въ среднемъ едва $^1/_2$° Ц., то, округляя температуры до цѣлыхъ градусовъ, можно считать, что изотермы на 400 м. глубины почти не отличаются отъ изотермъ на глубинѣ 200 саж. Изотермы Гамбургской Обсерваторіи дополнены мною еще наблюденіями слѣд. судовъ: Penguin 1892—93, 1895—97, Dart 1892, 1897, Waterwitch 1895—96 и Egeria 1897, 1899 г. Для Индійскаго океана данныя для глубинъ 200 с. и 550 с. получены изъ наблюденій экспедицій Challenger'a, Gazelle и судовъ: Penguin 1899, Waterwith 1895, Egeria 1887 и 1894 г. Investigator 1888—89, 1892—93 г. Изотермобаты на глубинѣ 1000 саж. взяты изъ ст. Меррея въ Transactions Roy. Soc. of Edinburgh 1896 г., стр. 343.

78) Воейковъ. Климаты земного шара 1884 г., стр. 187—190.

79) См. прим. 74, стр. 502—507 и прим. 75 в. (2).

80) Annal. d. Hydrogr. und Marit. Meteor. 1902. H. VI, 215.

81) Труды Карабугазской экспедиціи. 1902 г., ч. I, стр. 24.

82) Менделѣевъ. Основы химіи 1881 г., стр. 76.

83) См. прим. 81, ч. II. Химическая часть.

84) Forchhammer. Philos. Transact. 1865.

W. Dittmar. The Voyage of H. M. S. Challenger (Physiks and Chemistry. Vol. I, p. 1. (1884).

85) Dittmar. См. выше (84), стр. 638 и 203.

86) Kohlrausch въ Wiedemann's Annal. d. Physik und Chemie. 1891. № 12.

87) Макаровъ. Витязь и Тихій океанъ, стр. 75.

88) Rosetti. Poggend. Ann. Ergänz. V, стр. 258.

Hubbard. Maury's Sailing Direction. 1858.

Ekman. Königl. Vetenskaps Akad. Handlingar. IX. 1870.

Thorpe & Rücker. Philos. Transact. of the Roy. Soc. of London. 1877, v. 166.

Tornöe. The Norwegian North-Atlantic Expedition. 1876—78. Chemistry. 1880.

Karsten. Tafeln für Berechnung der Beobachtungen an den Küstenstationen Kiel. 1874.

Ленцъ и Рѣзцовъ. Изв. Технол. Инст. Спб. 1882 г.

Krümmel. Annal. d. Hydr. und Marit. Meteorol. 1890. H. X.

Dittmar. См. выше прим. 84.

Макаровъ. Витязь и Тихій ок. 1894 г.

89) Таблицы составлены: Торпе-Рюккеромъ, Диттмаромъ для разныхъ соленостей для приведенія къ нормѣ $\frac{15{,}56}{4^\circ}$ Ц. (60° F.) и Торноэ для средней морской солености, Карстеномъ и по даннымъ Экмана Крюммелемъ для нормы $\frac{17{,}5}{17{,}5}$ Ц.; С. О. Макаровымъ, на основаніи среднихъ изъ данныхъ всѣхъ изслѣдователей, для нормы $\frac{17{,}5}{17{,}5}$ и для перехода отъ этой нормы къ нормамъ $\frac{15^\circ}{4^\circ}$ Ц. и $\frac{15^\circ{,}56}{4^\circ}$ Ц. и обратно и для перехода наконецъ къ $\frac{t^\circ}{4^\circ}$. Всѣ эти таблицы даны въ соотв. сочиненіяхъ указанныхъ въ примѣчаніи 88.

90) Knudsen. Hydrographische Tabellen nach den Messungen von K. Forch, I. Jacobsen, M. Knudsen und S. Sorensen. Kopenhagen. 1901.

91) Geophysikalische Beobachtungen der Plankton-Expedition. 1893.

92) Peter. Mit. Ergänzungsheft 109. 1893, p. 22.

93) The Geograph. Journal. Ap. 1894, p. 308.

94) Annal. d. Hydr. etc. 1894. H. XI.

95) См. прим. 75. Соч. Mohn'a, p. 144.

96) Annal. der Hydr. etc. 1896, стр. 463—466.

97) I. S. Buchanan. Report on the specific Gravity of Ocean-Water, observed on board H. M. S. Challenger. The Voyage of H. M. S. Challenger. Physics and Chemistry. V. 1. 1884, p. II.

98) См. атласы поименов. въ прим. 75.

99) Pet. Mit. 1902. X, стр. 217.

Schott. Die Verteilung des Salzgehalts im Oberflächenwasser der Oceane.

100) Trans. of the Roy. Society of Edinburgh. Vol. XXXVIII, p. II. 317.

Buchan. Specific Gravities and oceanic Circulation. Edinburgh. 1896.

101) Fr. Nansen. The Oceanography of the N. Polar Basin. 1902.

102) The Norweg. North Atlantic Expedition 1876—78. Mohn. Christiania. 1887. Pl. XXXV.

103) Прим. 100.

104) Berichte der Commission für oceanographische Erforschung. Wien. 1898—1901. Expedition S. M. Schiff «Pola» in das Rothe Meer. 1896—98. Physikalisches Untersuchung. I. Luksch.

105) Berichte der Commission etc. Wien. 1892—95. Exped. «Pola» in das Mittelmeer. 1890—93.

106. См. прим. 73.

107) Шпиндлеръ и Врангель. Матеріалы по гидрологіи Чернаго моря. Записки по Гидрографіи. 1900 г., вып. XXII.

108) Лоидисъ. Къ вопросу о теченіяхъ въ Керченскомъ проливѣ. Зап. по Гидрогр. 1901 г., вып. XXIII, стр. 1.

109) Krümmel. Zur Physik der Ostsee. Pet. Mit. 1895, p. 82.

110) Лебединцевъ. Нѣкоторыя данныя по химіи Каспійскаго моря. Зап. по Гидр. 1901 г., вып. XXIII.

111) См. изд. въ прим. 91.

112) Wissenschaftliche Ergebnisse der deutschen Tiefsee-Expedition auf dem Dampfer «Valdivia». Erster Band Oceanographie und Maritime Meteorologie. Dr. G. Schott, Jena. 1902. Съ атласомъ.

113) Прим. 105.

114) Прим. 104.

115) Прим. 91.

116) Прим. 112.

117) Прим. 91.

118) W. Spring. La couleur de l'eau. Revue scientifique. XXXI. 161. 1883.

119) Ciel et Terre. XVIII. 11. 1896.

120) «Ермакъ» во льдахъ. Вице-Адмирала Макарова. Спб. 1901, стр. 418.

121) Geograph. Jahrbuch XXII. B. 1899, s. 7.

122) In Nacht und Eis. Fr. Nansen. Leipzig. 1897. 1-й т., стр. 209—210.

123) Изд. Копенгагенскаго института «Isforholdene i de arktiske Have» на датскомъ и англійскомъ яз. за 1899—1902 г.

Указатель литературы

по

морскимъ экспедиціямъ съ 1868 г. по 1900 г.

Въ прилагаемой таблицѣ указаны важнѣйшія морскія ученыя экспедиціи, доставившія глубоводныя физико-біологическія данныя для океановъ и морей, причемъ названія журналовъ, въ которыхъ имѣются свѣдѣнія о трудахъ экспедицій, обозначены только начальными буквами, согласно нижеуказаннымъ сокращеннымъ обозначеніямъ. Въ таблицу не вошли лишь исключительно промѣрныя суда и промѣрно-температурныя измѣренія судовъ Индійской морской съемки и Британской компаніи подводнаго телеграфа, печатаемыя Гидрографическимъ департаментомъ Лондонскаго адмиралтейства съ 1888 г. подъ заглавіемъ «List of oceanic depths and serial temperature observations».

Сокращенныя обозначенія журналовъ:

A. H. Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie. Hamburg.

A. h. Annalles hydrographiques. Paris.

P. M. Petermann's Mitteilungen. Gotha.

P. R. S. Proceeding of the Royal Society of London (E.-Edinburgh).

R. C. G. S. Reports Coast and Geodetic Survey. Washington.

C. R. Comptes rendus hebdomaires des seances de l'Academie des sciences de Paris.

C. T. Ciel et Terre. Bruxelle.

M. G. S. Mittheil. aus dem Gebiete des Seewesens. Pola.

J. R. G. S. Journal of the Royal geogr. Soc. London.

S. G. M. The Scot. Geograp. Magazine. Edinburgh.

R. M. C. Revue maritime et coloniale. Paris.

R. M. Revista maritima Rom.

Годъ изслѣдованій.	Имя судна, ученый составъ экспедиціи.	Изслѣдованная мѣстность океановъ.	Заглавія трудовъ экспедицій и журнальныя о нихъ свѣдѣнія.
1868	Sofia (швед. кап. Оттеръ), экспед. Норденшельдъ и Паландеръ.	Норвегія—Шпицбергенъ и западнѣе послѣдняго къ сѣверу до 82° с. ш.	P. M. 1868, стр. 298, 369, 429, 453. P. M. 1870, стр. 142.

Годъ изслѣдованій.	Имя судна, ученый составъ экспедиціи.	Изслѣдованная мѣстность океановъ.	Заглавія трудовъ экспедицій и журнальныя о нихъ свѣдѣнія.
1868—70	Germania (нѣм. кап. Кольдевей). Hansa (нѣм. кап. Гегеманъ).	Гренландія — Шпицбергенъ.	P. M. 1869, c. 201. P. M. 1870, c. 408. Koldewey: Die zweite deutsche Nordpolar - Fahrt. 1869—70. Leipzig. 1874. B. I—II.
1868—69	Bache, Blake (ам. кап. Ховель), участ. Поурталесъ и Агассизъ.	Карибское море. Гольфстримъ.	P. M. 1870, стр. 393.
1868	Hydra (анг. кап. Шортландъ).	С. Индійскій ок.	J. R. G. S. 1871. V. XLI.
1868—69	Alert, Bienenkorb (нѣм.), участ. Бессельсъ и Дорстъ.	Шпицбергенскія воды.	P. M. 1869, стр. 234.
1868 1869 1870	Lightning, Porcupine (анг.) экспед. У. Томсонъ (лордъ Кельвинъ), Карпентеръ и Джефрейсъ.	Великобританія—Пиринейскій пол. — Средиземное м. до Сициліи.	The Depth of the sea. C. W. Thomson. London, 1874.
1871—72	Isbjorn (австр.), экспед. Вейпрехтъ, гр. Вильчекъ, Штернекъ и проф. Гансъ.	Баренцовое море.	P. M. 1878, c. 345. M. G. S. 1874 (прил.).
1871	Pommerania (нѣм.), экспед. нѣмецкой коммиссіи.	Балтійское м.	Jahresbericht der Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. I. Jahrgang. Berlin, 1873. II—III. 1875.
1872	То-же.	Нѣмецкое м.	
1871—73	Polaris (амер. кап. Галль) участ. Бессельсъ.	Баффиновъ зал. до Ледов. ок.	A. H. 1881, c. 115, 231. P. M. 1872, стр. 17. Bessels: Scientific results of the U. S. arctic expedition steamer Polaris. Waschington. 1876. Его-же: Die amerikanische Nordpol-Expedition. Leipzig. 1879.

Годъ изслѣдованій.	Имя судна, ученый составъ экспедиціи.	Изслѣдованная мѣстность океановъ.	Заглавія трудовъ экспедицій и журнальныя о нихъ свѣдѣнія.
1873	Arctic. (анг. капитанъ Адамсъ), участ. Бессельсъ, Маркэмъ.	Баффиновъ зал.	P. R. S. 1874, XVIII.
1872—73	Polhem, Gladan (кап. Паландеръ кап. Крузенштернъ), участ. Норденшельдъ.	Шпицбергенскія воды.	A. h. XXXVIII, 1875, с. 85. Всѣ полярныя плаванія Норденшельда описаны въ соч. Die Nordpolarreisen A. E. Nordenskiöld'a. 1858—79. Leipzig, 1880.
1872—74	Tegethof (австр.) лейт., Вейпрехтъ, Пайеръ.	Земля Франца Іосифа.	P. M. 1874, 1876, 1878. Resultate der öster.-ungar. Expedition. 1872—74. Wien, 1878. Weyprecht: Die Metamorphosen des Polareises. Wien, 1878.
1873—74	Tuscarora (амер. кап. Белькнапъ).	С. Тихій ок.	Deep-Sea Sounding in the North Pacific Ocean. Belknap. 1874. Washingt.
1873—76	Challenger (анг. кап. Нэрсъ и Томсонъ), эксп. У. Томсонъ, Тизардъ, Меррей, Бухананъ, Вилльемель-Сёмъ.	Атлантическій ок. 50° с.—55° ю. ш. / 70° з.—20° в. д. Индійскій океанъ 40° — 65° ю. ш. / 20° — 140° в. д. Тихій океанъ 40° с.—55° ю. ш. / 115° в.—70° з. д.	A. H. 1876, с. 374. Report on the scientific results of H. M. S. «Challenger» during the years 1873—76. London, 1882—89. 4 тома. Deep-sea deposits. A summary of the scientific results I—II, p. 1895.
1874—76	Gazelle (нѣм. кап. Шлейницъ), экспед. Бергенъ, Студеръ.	Атлантическій ок. 50° с.—40° ю. ш. / 70° з.—20° в. д. Инд. и Тих. экв.—50° ю. ш.	Die Forschungen S. M. S. Gazelle in den Jahren. 1874—76. Berlin, 1889.
1874—78	Blake (ам. кап. Сигсби).	Карибское море.	A. H. 1880, с. 497. R. C. G. S. 1881. Deep Sea. Sounding by Sigsbei. Washington, 1880.

Центральная Б-морская

Годъ изслѣдованій.	Имя судна, ученый составъ экспедиціи.	Изслѣдованная мѣстность океановъ.	Заглавія трудовъ экспедицій и журнальныя о нихъ свѣдѣнія.
1874—77	Nautilus, Deli (австр.), эксп. Люкшъ, Вольфъ.	Адріатическое м.	A. H. 1879, с. 320. См. ниже Hertha.
1875	Valorous (анг. капит. Джонъ), уч. Карпентеръ.	С. Атлан. ок. — Диско (зап. Гренл.).	A. H. 1876, стр. 108. 1881, стр. 231.
1875—76	Alert, Discovery (кап. Маркэмъ, Стефенсъ), эксп. Нэрсъ.	Баффиновъ зал. до С. Ледов. ок.	Nares: Results derived from the arctic expedition, 1875—76. London, 1878. P. M. 1876, с. 456.
1876—78	Vorringen (норв. кап. Вилле), эксп. Монъ, Торноэ.	С. Европ. море.	Den Norske Nordhavs-Expedition. Christiania, 1878.
1876—78	Elisabeth (нѣм. капит. Викеде).	Атл., Инд., Тихій.	A. H. 1878, с. 364. 577. A. H. 1879, с. 11.
1877	Alfhild, Afklint (швед.) Экманъ.	Балтійское море.	Kön. Svenska Veten. Akad. Handlingar. Bd. 25, № 1. Stockholm, 1893. P. M. 1895, стр. 81, 111.
1877	Fylla (дат. кап. Якобсонъ).	Гренл.-Исландскія воды.	A. H. 1880, стр. 173, 494.
1878	Fylla (дат. кап. Бухвальсъ).	» »	A. H. 1880, стр. 190.
1878—80	Blake (амер.), участ. А. Агассизъ.	Карибское м. Антильское м.	R. C. G. S. 1879. A. H. 1881, с. 296, 395.
1879	Louise (нѣм. кап. Шерингъ).	Сѣв. Инд. ок.	A. H. 1879, стр. 245.
1879	Ingolf (дат. кап. Муріе).	Исландскія воды.	A. H. 1880, с. 190. » » 1881, » 237.
1879	Bismark (нѣм. кап. Дейнгардтъ).	Ю. Тихій ок.	A. H. 1881, стр. 111.
1878—79	Vega (швед. кап. Паландеръ), экспед. Норденшельдъ.	Сибирское море.	P. M. 1879, стр. 14, 325. Nordenskjöld: Vega expeditionens vetenskapliga iakttagelser. Stocholm, 1882—87. I—V. Описаніе путешествія изд. на фр. яз. въ Парижѣ, 1883—85 гг. и на нѣм. яз. въ Лейпцигѣ, 1882 г.; пер. на русс. яз. со швед. изд. Спб., 1881.

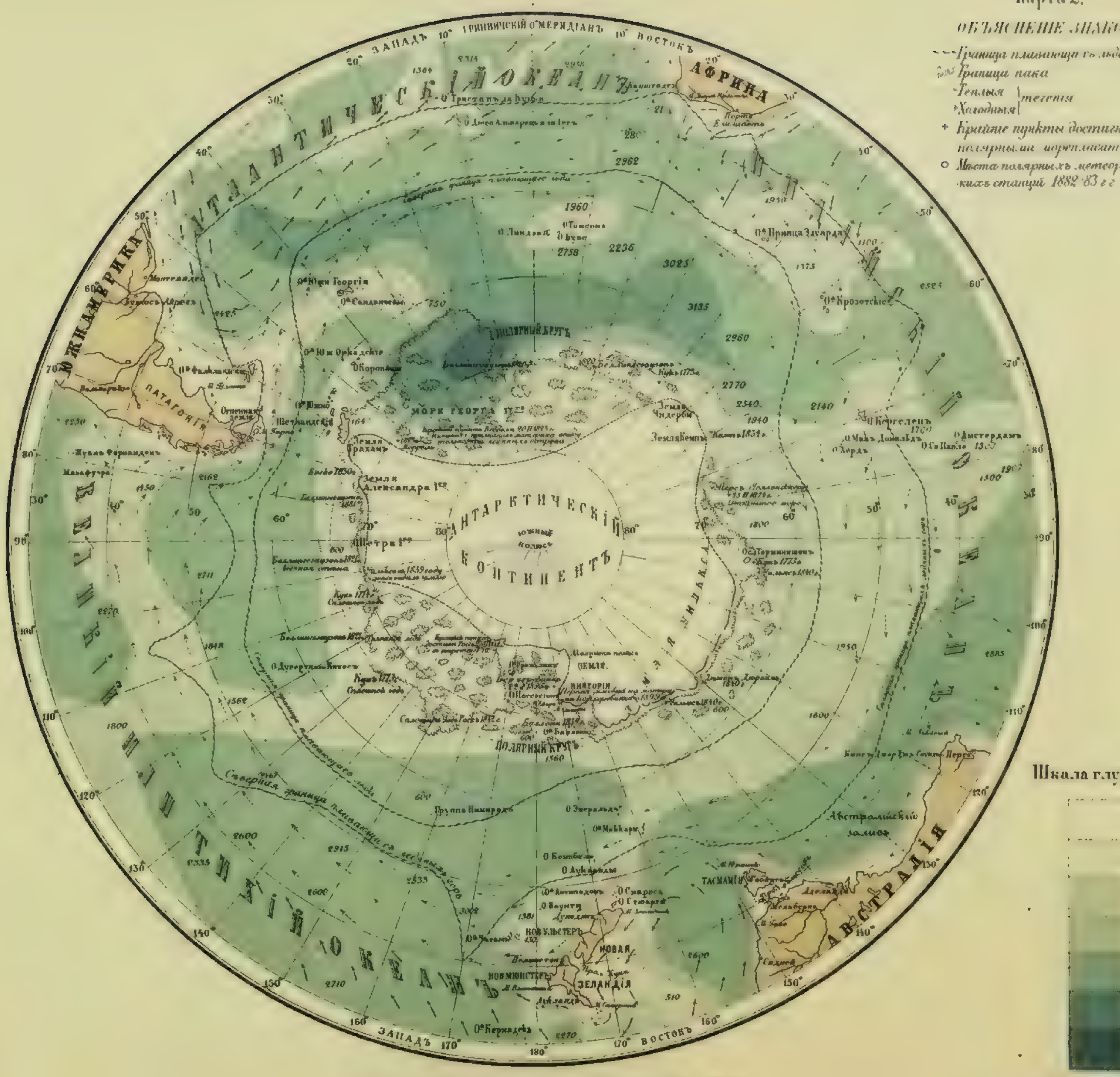
Годъ изслѣдованій.	Имя судна, ученый составъ экспедиціи.	Изслѣдованная мѣстность океановъ.	Заглавія трудовъ экспедицій и журнальныя о нихъ свѣдѣнія.
1878—84	William Barents (гол. кап. де Бруине и Фанъ-Брукгуйзенъ).	Баренцовое море.	Atlas samengesteld uit de meteorologische Waarnemingen. Изд. Нидер. мет. институт. Utrecht. 1886.
			А. Н. 1882, стр. 707.
			Зап. по Гидрогр. 1888 г., библ.
1880	Hertha (австр.), экспед. Люкшъ, Вольфъ.	Адріатическое и Іоническое моря.	А. Н. 1881, стр. 687.
			Luksch und Wolf: Physikalische Untersuchungen in der Adria. 1874—80. Wien, 1887.
1880	Gulnare (амер. кап. Честеръ), участ. Шерманъ.	Дэвисовъ прол.	А. Н. 1881, стр. 234.
1881	Blake (ам. кап. Бартлетъ).	Гольфстримъ.	А. Н. 1882, стр. 653. 1883, стр. 383.
1880—82	Travailleur (франц.), экспед. М. Эдвардсъ.	Бискайскій залив., Атл. ок. до Канарскихъ о-въ и Средиз. море до Корсики.	А. Н. 1882, стр. 519, 705. 1883, стр. 435.
1880	Knight Errant (анг. кап. Тизардъ).	Фарэро-Шотландскія воды.	P. R. S. E. 1881—82.
1882	Triton (анг. кап. Тизардъ), участ. Меррей.	Фарэро-Шотландскія воды.	P. R. S. Vol. XXXIV, № 222, стр. 312. XXXV. 202.
			А. Н. 1883, стр. 194, 612.
1881—82 1884	Drache (нѣм. капитанъ Гольцгаэръ).	Нѣмецкое море.	Die Ergebnisse der Untersuchungs fahrten. S. M. Knbt. «Drache» in der Nordsee. Berlin, 1886.
1882—83	La Romanche (фр. кап. Мартьянъ).	Южн. Атл. ок.	А. Н. 1884, стр. 512.
			A. h. 1884, sem. 1, стр. 70.
1882—85	Vettor Pisani (ит. кап. Маньяги), участ. Черчіа.	Атлан. Тихій ок.	R. M. 1885, № 12. » » 1886, № 1.
1884	Washington (ит.), участ. Чиліоли.	Средиземное м.	Boll. d. Soc. Geogr. Ital. Rom. 1885, X, стр. 381.

Годъ изслѣдованій.	Имя судна, ученый составъ экспедиціи.	Изслѣдованная мѣстность океановъ.	Заглавія трудовъ экспедицій и журнальныя о нихъ свѣдѣнія.
1883	Talisman (фр.) эксп. М. Эдвардсъ.	С. Атл. ок. до Саргассов. моря.	C. R. 1883, XCVI, № 21. A. h. 1883, II sem., стр. 259. 1884, с. 117. Les campagnes scientifiques du Travailleur et du Talisman. Paris, 1885. Vaillant: Expeditions scientifiques du Travailleur et du Talisman. 1880—83. T. I. 1889. Carte de la partie de l'ocean Atlantique, explorée par le Travailleur et Talisman 1880—83. Paris, 1889, Hansen.
1883	Enterprise (анг. кап. Баркеръ).	Южн. Инд. ок. Атл. и Тихій ок.	A. H. 1884, стр. 55.
1884	Fylla (дат. кап. Норманнъ), экспед. Варминтъ (ботан.), Гольмъ (геол.), Топсёе (физ. мин.).	С. Атлант. ок. и Баффиновъ зал. до пар. 70 с. ш.	Geografisk Tidskrift. Kopenhagen, 1887, B. 9, H. I—II.
1886	Fylla (кап. Браемъ), экспед. Гольмъ, Кольдерупъ Розенвинге (естеств.).	» »	A. H. 1887, стр. 147.
1886	Buccaneer (англ.), участникъ Бухананъ (хим.).	Атлан. ок.	A. H. 1887, с. 443. S. G. M. 1888. B. IV, стр. 177.
1887, 1889	Niobe (нѣм. кап. Ашеборнъ).	Балт., Нѣм. м.	A. H. 1888, стр. 67. 1890, стр. 134.
1885—88	L'Hirondelle (кн. Монако), участ. Гернъ (зоол.).	С. Атлан. ок.	A. H. 1888, с. 197. C. R. 1885, №20. 1886 Dec. 1887 Jan. Oct. 1888 Nov. 1889. Juin. Carte des courants de l'Atlantique Nord. Paris, 1892.
1887—89	Витязь, ком. кап. 1 ран. Макаровъ.	Атлан., Инд. и Тихій ок.	«Витязь и Тихій океанъ». СПб., 1894 г.
1889	National (нѣм.), эксп. Гензенъ, Крюммель.	Сѣв. Атл. ок.	Geophysikalische Beobachtungen der Plankton-Expedition. Kiel u. Leipzig. 1893.

Годъ изслѣдованій.	Имя судна, ученый составъ экспедиціи.	Изслѣдованная мѣстность океановъ.	Заглавія трудовъ экспедицій и журнальныя о нихъ свѣдѣнія.
1884—90	Blake (ам. кап. Пиллсбёри).	Гольфстримъ.	R. C. G. S. 1886, 1887, 1890.
1890—91	Черноморецъ (ком. Смирновъ), Донецъ (ком. Мартьянъ) и Запорожецъ (ком. Пуцилло), эксп. баронъ Врангель, І. Шпиндлеръ, Андрусовъ (геол.), Лебединцовъ (хим.), Остроумовъ (зоол.).	Черное и Азовское моря.	Матеріалы по Гидрологіи Чернаго и Азовскаго морей, 1890—91. Зап. по Гидрогр., XX вып., 1899 г.
1894	Selanik (тур.), экспед. Шпиндлеръ, Варнекъ, Андрусовъ, Лебединцовъ, Остроумовъ.	Мраморное море.	Зап. Имп. Русск. Геогр. О-ва, 1896. Т. XXXIII, № 2. Экспед. Имп. Русск. Геогр. Общества.
1894	Taurus (австр.), участ. Наттереръ (хим.).	Мраморное море.	Denkschrift d. Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien. B. LIX—LXII.
1890—98	Pola (австр.), экспед. Гроббенъ, Маренцеллеръ, Люкшъ, Наттереръ.	Восточная часть Средиземнаго м. и Красное море.	Berichte der Commission für oceanographische Forschung. Wien. 1892—1901.
1893—94	Jackal (анг.), участ. Диксонъ (хим.).	С. Атлантическій океанъ.	Report on physical investigations carried out on board H. M. S. «Jackal», 1893—94. Natural Science B. VI, № 35, 1895. Geogr. Journal March., 1896.
1893—94	Albatross (амер. рыбол. комиссіи), участ. Агассизъ.	С. Тихій ок.	A. h. 1895, p. 185.
1899		Ю. Тихій ок.	Science, 1899, X, № 258, XI, № 264.
1892—95	Princesse Alice (кн. Монако), участ. Бухананъ, Бонетъ, Лалье, Коллине.	С. Атлантическій океанъ.	C. R. 1893, t. 116, стр. 1321. A. H. 1895, стр. 415.
1895	Caudan (фр.), экспед. Туле, Руль, Ле-Дантесъ.	Бискайск. заливъ.	C. R. 1895, Oct. 7, стр. 504. A. H. 1896, с. 235. R. M. C. 1896, стр. 448.

Годъ изслѣдованій.	Имя судна, ученый составъ экспедиціи.	Изслѣдованная мѣстность океановъ.	Заглавія трудовъ экспедицій и журнальныя о нихъ свѣдѣнія.
1893—96	Fram (норв. кап. Свердрупъ), эксп. Нансенъ.	С. Ледовитый ок.	Fr. Nansen: Norvegian North Polar Expedition. V. I—III. London, 1900—1902.
1895—96	Ingolf (дат. кап. Вандель), экспед. Кнудсенъ (физ.), Беггильдъ (геол.), Ганзенъ (натур.).	Дэвисовъ пролив., Баффиновъ зал.	Den Danske Ingolf-expedition, I, 1898.
1896	Research (анг. капит. Мооръ).	Фар.-Шотл. воды.	Cleve: «Report on the phytoplankton expedition of H. M. S. «Research», 1896, XV. Rep. of Fisch. Board. Dickson: Physical investigations carriedout on board H. M. S. «Research».
1898—90	Пахтусовъ (кап. 2 р. Варнекъ), эксп. Вилькицкій.	С. Ледовитый ок.	Изд. Глав. Гидр. Упр. Метеорологическія и гидрологическія наблюденія экспедиціи С. Ледовитаго ок., 1900.
1897—99	Belgica (бельг.), эксп. Герлахъ, Арктовскій.	Антарктическ. ок. 70°—71° ю. ш. 85°—95° з. д.	С. Т. 1900, стр. 245, 269, 353. Arctowski, Thoulet: Resultats du voyage du Belgica. Antwerpen. 1901 1902.
1898—99	Valdivia (нѣм.), экспед. Хунъ (зоол.), Шоттъ (гидр.).	Атлант., Инд. ок.	Wissenschaftliche Ergebnisse der deutschen Tiefsee Expedition, 1898—99. Jena, 1902.
1898—1900	Андрей Первозванный (рус. промысл.), эксп. Книповичъ (зоол.).	Баренцово м.	Книповичъ: Экспедиц. для научно-промысловыхъ изслѣдованій у береговъ Мурмана. Т. I. Спб., 1902.
1899—1900	Stella Polare (ит.) экспед. герцога Абруцскаго.	С. Ледовитый ок.	Die Stella Polare im Eismeer 1899—1900. Leipzig, 1903.

Карта 1.
ОБЪЯСНЕНІЕ ЗНАКОВЪ
Граница плавающихъ льдовъ
Граница пака
Теплыя
Холодныя
течения
Крайніе пункты достигнутые полярными изслѣдователями
Мѣста полярныхъ метеорологическихъ станцій 1882-83 г.г.
Шкала глубинъ
100 саж.
500
1000
1500
2000
3000
(6ти фут. сажени)
ЗАПАДЪ
ВОСТОКЪ
ГРИНВИЧСКІЙ МЕРИДІАНЪ
НЕОБСЛѢДОВАННОЕ
ПРОСТРАНСТВО
ИСЛАНДІЯ
ГРЕНЛАНДСКОЕ
МОРЕ
Гравюра на камнѣ П. Никитинъ. Печат. съ аллюм. въ Главн. Гидр. Упр. М-ва М-ва



ОБЪЯСНЕНІЕ ЗНАКОВЪ

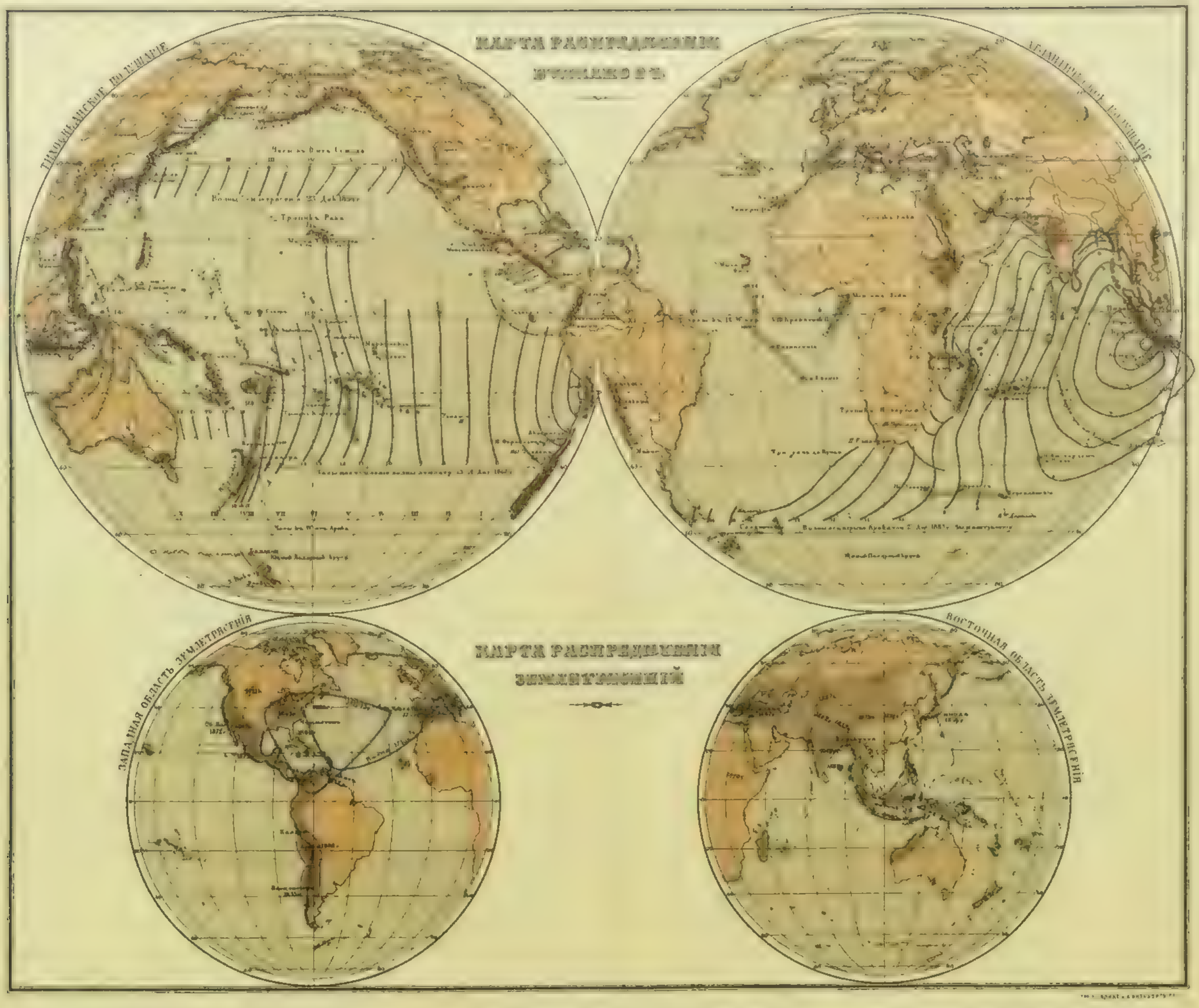
- Граница плавающихъ льдовъ
- Граница пака
- Теплыя } теченія
- Холодныя } теченія
- \+ Крайніе пункты достигнутые полярными мореплавателями
- ○ Мѣста полярныхъ метеорологическихъ станцій 1882-83 г.

Шкала глубинъ

100 саж.
500
1000
2000
3000
4000

(6ти фут. сажени)

Грав. на камнѣ П. Никитинъ Печат. съ камня въ Главн. Гидр. Упр. М. М.



Обозначенія на картахъ:

- Морскія сейсмическія волны
- Распространеніе вулканическаго пепла
- Область распростр. вулканпродукт. при изверж. Крикатоа 1883 г.
- Ряды и группы вулкановъ
- Ряды старыхъ потухшихъ вулкановъ
- Новѣйшіе вулканы съ указаніемъ года появленія ихъ
- Постоянно дѣйствующіе вулканы

распредѣленія вулкановъ:

- Часто извергающіе вулканы
- Вулканъ, изверж. котор. неизвѣстно
- Остат. разруш. или разм. вулкановъ
- Сольфатары
- Гейзеры
- Грязевые вулканы или Сальзы
- Отрицательное движеніе берега
- Положительное движеніе берега
- Гретичныя и послѣгретичныя отложенія
- Покровы вулканическихъ породъ
- Новѣйшія 100 саж. глубины
- Подводныя изверженія (годъ изверженія)

распредѣленія землетрясеній

- Области землетрясеній
- Области частыхъ землетрясеній
- Области отрясеній
- Границы сейсмическихъ волнъ
- Область почти одновременнаго сотрясенія

КАРТА
РЕЛЬЕФА ДНА
АТЛАНТИЧЕСКАГО ОКЕАНА

КАРТА
РЕЛЬЕФА ДНА
ИНДІЙСКАГО ОКЕАНА

Цифры поставленныя на прилегающихъ къ океанскимъ побережіямъ показываютъ высоту горъ надъ уровнемъ моря

Африка

Аравійское море

Малодивы

Чагосъ

Австралія

Значеніе красокъ:

Для высотъ на сушѣ

Для глубинъ въ океанѣ и моряхъ

Батиграфическая кривая
ИНДѢЙСКАГО ОКЕАНА

КАРТА
РЕЛЬЕФА ДНА
ТИХАГО ОКЕАНА

Цифры частой сетки на параллелях и меридианах показывают широту и долготу данной точки. Каждая цифра = 5 градусам.

Значение красокъ.

Батиграфическая кривая
ТИХАГО ОКЕАНА

550.4

НЗ | Ш
3 | 89-1